VERSUCHE ZUM DIMENSIONSVERHALTEN EINES MASCHINELL ANGEMISCHTEN ALGINATABFORMWERKSTOFFES

Heinz Rüller

1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523711_0004

Aus dem Zentrum
der Zahn-Mund-und Kieferheilkunde
der
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main

Versuche zum Dimensionsverhalten eines maschinell angemischten Alginatabformmaterials

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin
des Fachbereiches Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Heinz Rüller
aus Rheinberg

Frankfurt am Main 1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. med. H. J. Müller
Referent: Prof. Dr. Ing. W. Hohmann
Koreferent: Prof. Dr. med. dent. D. Windecker

Tag der mündlichen Prüfung: 7. 2. 83

Druck: Dipa - Druck, 6000 Frankfurt, Tel. 55 61 88

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Abformwerkstoffe
   2.1. geschichtliche Entwicklung
   2.2. Anforderungen an einen Abformwerkstoff
3. Verarbeitung und Problematik elastomerer Abformwerkstoffe - Alginate im speziellen
   3.1. Chemischer Aufbau und Reaktion bei Anmischung
   3.1.1. Das Dosieren
   3.2. Das Mischen
   3.2.1. Das Handanmischen
   3.2.2. Maschinelles Anmischen
   3.3. Löffelauswahl und -vorbereitung
   3.4. Verarbeitungszeit
   3.5. Aufbewahren des Abdruckes
4. Bemerkungen zur Indikation
5. Fragestellung
6. Versuchsaufbau
7. Durchführung der Versuche
8. Ergebnisse der Versuche
   8.1. in tabellarischer Darstellung
   8.2. in graphischer Darstellung
9. Auswertung und Interpretation der Versuchsergebnisse
   9.1. Handanmischung
   9.2. Maschinelles Anmischen
10. Zusammenfassung
11. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

In der zahnärztlichen Praxis gehört das Abformen von Zahnreihen, Kieferabschnitten oder zahnlosen Kiefern heute zu den Tätigkeiten, die routinemäßig erfolgen. Bei der Abformung findet eine Reihe von elastischen Abformmaterialien Anwendung. Unterschiedliche Werkstoffe werden für verschiedene Abformungen herangezogen.
Die Wiedergabegenauigkeit eines Abdruckes wird u.a. auch durch den Werkstoff und die Technik festgelegt.
Zu den mengenmäßig am meisten gebrauchten Abformmassen in der Zahnheilkunde gehören die Alginate. Ihren speziellen Eigenschaften entsprechend eingesetzt, erfüllen sie in vielen Punkten Forderungen, die einer exakten Abformung gerecht werden und somit als ideale Abformmaterialien zum Einsatz kommen.
Materialbedingte Vor- und Nachteile sollten allerdings bewußt sein, um optimale Ergebnisse zu erzielen.

2. Abformwerkstoffe

2.1. Geschichtliche Entwicklung

Verfahren zur Abformung von Zahnreihen, zahnlosen Kieferabschnitten oder unbezahnten Kiefern waren stets Ziel neuer Entwicklungen der zahnärztlichen Prothetik. Die Entwicklung der zahnärztlichen Prothetik erforderte immer höhere Ansprüche an Abformmaterial und -technik.
Eine Abdrucknahme mit in warmem Wasser erweichten Siegelwachs und Ausgießen mit Gips wurde zuerst 1756 von dem Berliner Hofzahnarzt Philipp Pfaff beschrieben. Die Benutzung von Abdrucklöffeln empfahl um 1820 Christophe Francois Delabarre (Paris 1777 - 1862). Der erste Funktionsabdruck geht auf den Zahnarzt Schrott 1864 zurück. 1839 wurde die Vulkanisation des Kautschuks entdeckt. 1840 verwendete man Gips als Abformmaterial, und wenige Jahre später (1847) wurde Guttapercha in die Reihe der Abdruckmaterialien gesetzt. Um 1860 entwickelte der amerikanische Zahnarzt Charles Stent eine thermoplastische Abformmasse aus Wachsen, Harzen und Füllstoffen, die über 37 Grad C. gut plastisch war und unterhalb 37 Grad C. erstarrte. Die 1925 verwendeten Werkstoffe auf Gelatine und Agar-Agar Basis, die zu einer elastischen Masse erstarrten, schufen die Voraussetzung für eine Präzisionssteigerung in der zahnärztlichen Abformung.

1940 entwickelte Wildung die 1883 von dem englischen Chemiker entdeckten Eigenschaften der Alginate weiter und machte sie damit zu einem heute in großem Umfang gebräuchlichen Abdruckmaterial. Gummielastische Werkstoffe auf Polysulfid - und Silikonkautschukbasis wurden ab 1950 entwickelt und ca. 6 Jahre später auf den Markt gebracht (28, 29). Bis heute haben diese Materialien einige bemerkenswerte Verbesserungen erfahren, die eine hohe Präzision der Abformung gestatten.

2.2. Anforderungen an einen Abformwerkstoff

1. Bestmögliche Abformgenauigkeit
2. Einfachheit der Verarbeitung
3. Optimales Fließverhalten
4. Optische Anmischkontrolle
5. Zweckmäßige Abbindezeit
6. Genügende mechanische Festigkeit
7. Gute Dimensionsstabilität
8. Angenehm für den Patienten
9. Gute Lagerstabilität vor der Verarbeitung
10. Kompatibilität mit dem Modellmaterial
11. Eindeutige Verarbeitungsanleitungen (27, 30)

3. Verarbeitung und Problematik elastomerer Abformwerkstoffe - Alginate im speziellen

Elastomere Abdruckmaterialien weisen bei ihrer Verarbeitung, Anwendung und im Dimensionsverhalten gemeinsame Eigenschaften auf, obschon sie sich in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr voneinander unterscheiden. Wie in der Einleitung schon gesagt, gehören die Alginate zu den mengenmäßig am meisten gebrauchten Abformmassen in der Zahnheilkunde. Da in dieser Arbeit ein häufig gebrauchter Alginatabformwerkstoff untersucht werden soll, ist es wohl wichtig, an dieser Stelle einige grundlegende Aussagen über Alginate zu treffen.

3.1. Chemischer Aufbau und Reaktion bei Anmischung

Das im Handel befindliche pulverförmige Material ist ein Pulvergemisch. Etwa 15 O/O des Pulvers besteht aus leicht wasserlöslichen Salzen der Alginsäure. Die Alginsäure ist eine organische Polysäure (D-Mannuronsäure 1,4 glycosidisch mit L-Guloronsäure verknüpft). Deren lösliche Natrium- oder Ammonium-Salze, also die entsprechenden Alginate, werden aus Meeresalgen gewonnen. Neben diesem Alginat-Anteil, der dem Material seinen Namen gibt, enthalten die Handelspulver heute vorwiegend Gips (Kalziumsulfat) als Reaktionspartner. Beim Anmischen des Pulvers mit Wasser gehen Anteile sowohl des

Natrium-Alginats als auch vom Gips in Lösung und reagieren miteinander.
Das Kalzium des Gipses wird gegen das Natrium des Alginats ausgetauscht und vernetzt dabei die Alginsäuremoleküle zu unlöslichem Kalziumalginat (gleichzeitig bildet sich das leicht lösliche Na_2SO_4). Dieser Vorgang ist irreversibel. In dem entstehenden Netzwerk wird das zum Anmischen benutzte Wasser eingeschlossen und die Masse erstarrt zu einem elastischen Hydrokolloid. (Das Wasser ist also nicht chemisch oder kristall-chemisch gebunden, wie z. B. beim Erhärtungsvorgang des Gipses) (20).
Da diese Reaktion aber zu schnell abläuft, um eine regelrechte Arbeit zu ermöglichen, ist dem Pulver noch ein sog. Verzögerer (z. B. Na-Pyrophophat) zugegeben. Dessen Natrium reagiert nach dem Anmischen zunächst mit dem Kalzium des Gipses und erst wenn dieser Verzögerer verbraucht ist, bildet sich das verfestigend wirkende Kalziumalginat. Mit der Menge des Verzögerers wird vom Hersteller die klinisch wichtige Verarbeitungszeit eingestellt.
Etwa die Hälfte des Pulvers besteht aus einem unlöslichen Füllstoff (meist Diatomeen-Erde). Es wird in dem entstehenden elastischen Netzwerk aus Kalziumalginat gemeinsam mit dem Anmischwasser gelagert, verbessert die Wassermischbarkeit des

Pulvers, nimmt der angemischten Masse die Klebrigkeit, beeinflußt deren Viskosität und verbessert die mechanischen Eigenschaften des fertigen Abdrucks.
Weitere geringfügige Pulveranteile bestehen aus Geschmacks- und Geruchskorrigentien, sowie aus Zusätzen (wie z. B. Fluoride), die u.a. die Verträglichkeit mit dem Modellmaterial Gips verbessern (20).

3.1.1. Das Dosieren

Aus vielen Untersuchungen geht hervor, daß das vom Hersteller angegebene Mischungsverhältnis von Pulver mit Wasser möglichst genau eingehalten werden muß, wenn die angegebenen (Norm)-Eigenschaften der Abformmasse erreicht werden sollen. Zumindest beim Pulver ist dies in exakter Weise nur durch Abwiegen der benötigten Menge möglich. Da das jedoch umständlich ist und erfahrungsgemäß nicht gemacht wird, wurden einige Präparate in abgewogenen Portionen in Folienbeutel verpackt. Diese Portionsbeutel gewährleisten zwar die richtige Pulvermenge, jedoch werden sie in der Praxis nur zu einem sehr geringen Anteil eingesetzt. Üblicherweise werden zu jeder größeren Pulververpackung auch darauf abgestimmte Meßgefäße geliefert. Das Abmessen der benötigten Pulvermenge mit einem derartigen Meßgefäß ist aber nicht unproblematisch. Steht ein Behälter längere

Zeit, so sackt das Pulver in sich zusammen, d. h., die gleiche Pulver-Masse nimmt ein kleineres Volumen ein, bzw. das Dosiergefäß faßt mehr Pulver als vorgesehen. Die Pulvermeßgefäße sind immer auf ein aufgelockertes Pulver, und zwar auf das jeweilige Fabrikat, abgestimmt. Sie dürfen nicht verwechselt werden! Es ist daher zumindest einmal täglich - am besten vor Praxisbeginn - notwendig, das Pulver durch Aufschütteln des verschlossenen Kanisters aufzulockern. Ein kräftiges Umrühren mit dem Spatel unterstützt dann noch die gleichmäßige Verteilung der Pulvermischung. Nur so ist anschließend eine einigermaßen korrekte Dosierung durch die Entnahme mit einem Meßgefäß zu erreichen (20).

3.2. Das Mischen

Von großer Bedeutung ist das Anmischen, das sehr sorgfältig und unter Einhaltung der vorgeschriebenen Dosierung zu erfolgen hat.
Die Temperatur der Grundwerkstoffe spielt dabei eine untergeordnete Rolle, da sie lediglich die Anmischzeit bzw. die Abbindezeit beeinflußt.

3.2.1. Handanmischen

In einem sauberen elastischen Anmischbecher werden die abgemessenen Pulver- und Wassermengen zusammengegeben und mit einem steifen Mischspatel zuerst vorsichtig, dann aber sehr kräftig durchgespatelt. Hierbei muß einige Kraft aufgewendet werden, um das zunächst relativ trocken erscheinende Gemisch in die gewünschte weiche, geschmeidige Phase zu überführen. Durch Breitstreichen an den Becherwänden unter Drehen des Bechers werden auch Lufteinschlüsse ausgedrückt und die Masse homogenisiert. Sie sollte dann eine glatte, feuchte-glänzende Oberfläche zeigen. Je nach Einarbeitung sind hierfür ca. 30 - 60 sec. erforderlich.

3.2.2. Maschinelles Mischen

Bei Verwendung eines Mischgerätes erfolgt die Dosierung von Pulver und Wasser zunächst wie beschrieben mit Meßbechern. Die Mischzeiten lassen sich am Gerät auf die verschiedenen Handelspräparate einstellen. Untersuchungen ergaben, daß nach ca. 20 sec. mit einer von Luftblasen weitgehend freien, gut homogenen und etwas weicheren Mischung als bei Handanmischung gerechnet werden kann (20, 31).
Allerdings zeigen die maschinell angemischten Alginate verkürzte Verarbeitungs- und Abbindezei-

ten. Das ist unter anderem auf eine Erwärmung der Masse während des Mischvorgangs zurückzuführen. Durch Verwendung kalten Wassers läßt sich dieser Effekt teilweise wieder aufheben.
Schnellabbindende Massen sind daher für die maschinelle Anmischung weniger geeignet.

3.3. Löffelauswahl und -vorbereitung

Für Alginate werden vorwiegend fabrikmäßig vorgefertigte Löffel aus Metall oder Kunststoff benutzt. Beide Sorten sind unperforiert, perforiert, netzförmig und/oder mit Innenwandleisten im Handel.
Die Aufgabe des Löffels besteht nicht nur darin, die Masse leicht im Mund applizieren zu können, sondern er gibt auch die notwendige feste rückseitige Unterstützung für den abgebundenen elastischen Abdruck bei der Entnahme aus dem Mund und für das anschließende Ausgießen mit Hartgips. Er soll deshalb sehr steif und verwindungssicher sein. Nur wenige Kunststofflöffel genügen dieser Forderung.
Für die im allgemeinen weniger fließfähigen Alginate gilt im besonderen die Feststellung: Wo kein Löffel, da kein ausreichender Abdruck! Daher ist die Löffelauswahl, d. h. die Wahl der richtigen Löffelform und -größe (besser größer als zu klein) sehr wichtig. Die Schichtdicke des Abdrucks sollte überall wenigstens ca. 5 mm betragen, damit sich

die Elastizität der Masse ohne stärkere bleibende Verformung auswirken kann (Wolker, 31).
Wichtig für einen korrekten Abdruck ist der Halt der abgebundenen Masse am Löffel. Wenn sie sich beim Abnehmen des Abdrucks vom Löffel, wenn auch nur partiell, einmal gelöst hat, so ist sie - das zeigen Untersuchungen und die praktische Erfahrung - nicht wieder in die alte Lage zurückzuführen, und die Abformung muß wiederholt werden.
Die Haftung der verschiedenen Handelspräparate an den unterschiedlichen Löffelmaterialien ist nicht einheitlich. Ist die Haftung ungenügend, so helfen spezielle Adhäsive, die vorher auf die Löffelinnenseiten aufgebracht werden.

3.4. Verarbeitungszeit

Entsprechend ihrer Verarbeitungszeit werden die Alginate in schnell- und normalhärtende Präparate unterschieden, die Grenze zwischen beiden Typen liegt bei 2 min. Die schnellhärtenden Alginat-Fabrikate mit ihrer relativ kurzen Verarbeitungsphase werden wesentlich häufiger in der Praxis benutzt, da sie eine zügige Behandlung gestatten. Verarbeitungszeit und Abbindezeit stehen nämlich in einem gewissen abhängigen Verhältnis zueinander, d. h. eine kurze Verarbeitungszeit hat auch meist eine kurze Abbindezeit – bzw. „Verweilzeit'' der Abformung im Munde - zur Folge. Die Angaben in den Ge-

brauchsanweisungen bezogen sich bisher nur auf den von älteren Formen vorgeschriebenen, sehr engen Temperaturbereich von (23 ± 1) Grad C. und hatten damit wenig Praxisnähe. Erst die Neufassungen der Normen (23) verlangen auch die Angaben der Verarbeitungs- und Abbindezeiten bei niedrigeren und höheren Temperaturen als 23 Grad C. Das erscheint auch notwendig, da die Temperatur des meist verwendeten Leitungswassers - es ist vorwiegend für die Temperatur der Mischung verantwortlich - in einem erheblichen Bereich schwanken kann (± 10 Grad C.). Ganz allgemein läßt sich feststellen daß kältere Temperaturen die Zeiten verlängern, während wärmere Temperaturen sie verkürzen; das jeweilige Ausmaß der Veränderungen schwankt jedoch von Fabrikat zu Fabrikat.

Einen - wenn auch nicht so starken - Einfluß hat jedoch nicht nur die Temperatur, sondern auch das Mischungsverhältnis von Pulver zu Wasser. Allerdings kann eine wasserreiche Mischung bei einem Präparat zu einer Verkürzung, bei einem anderen zu einer Verlängerung führen. Wenn auch hierzu nicht geraten wird, so ist in jedem Fall ein orientierender Versuch angebracht, um das jeweils verwendete Präparat ausreichend kennenzulernen.

Nach dem Einsetzen des gefüllten Löffels beschleunigt die Mundwärme die Abbindung, und zwar zunächst an den Flächen, die mit den Mundgeweben in Kontakt

kommen. Daher kann jede vorzeitige Verschiebung des Löffels die sich dort vorzeitig bildende Vernetzung stören, den Zusammenhalt der Masse und damit deren mechanische Eigenschaften (Festigkeit, Elastizität) verschlechtern. In den Gebrauchsanweisungen wird nur selten eine spezielle Verweilzeit der Abformmasse im Munde angegeben. Sie beträgt - je nach Typ (schnell- oder normalabbindend) - meist zwischen 1 und 3 min. und ist in den immer angeführten Abbindezeiten, die vom Mischungsbeginn an rechnen, enthalten (8, 19).

Die neue Vorschrift der Normen, Hinweise über den Einfluß verschiedener Temperaturen nicht nur auf die Verarbeitungszeit, sondern auch auf die Abbindezeit in der Gebrauchsanweisung anzugeben, ist eine merkliche Hilfe für die Praxis.

Bedacht werden muß auch, daß die in den Gebrauchsanweisungen aufgeführten Abbindezeiten für den Normal-Fall gelten, d. h. für Abformungen ohne stärkere untersichgehende Bereiche. Sind dagegen solche Unterschneidungen vorhanden, wie z. B. bei in eine Lücke gekippten Zähnen oder protrudierten Frontzähnen, so empfiehlt es sich, über die angegebenen Zeiten hinaus ca. 1 - 2 min. den Abdruck noch im Munde zu belassen. Die Elastizität eines Alginatabdrucks nimmt nämlich in dieser zusätzlichen Verweilzeit noch zu und damit mindert sich die Gefahr einer bleibenden Verformung durch die stärkere Bean-

spruchung.
Wird die Abbindezeit nicht mit einer Kurzzeituhr kontrolliert, so ist der Zeitpunkt des Herausnehmers erheblich unsicherer zu bestimmen. Weder das Aufhören der gewissen Klebrigkeit, Mattwerden der Alginatoberfläche noch die sog. Nagelprobe (Eindrücken mit dem Fingernagel und Beobachten der Rückstellung des Eindrucks) geben einen sicheren Hinweis. Sie sind zudem auch stärker vom Mischungsverhältnis abhängig. Eine wasserärmere dickere Mischung täuscht z. B. nach diesen Kriterien einen zu frühen Zeitpunkt vor, der beim Abnehmen zu Verformungen der noch nicht ganz elastischen Masse führen wird.

3.5. Aufbewahren des Abdrucks

Aus vielen Untersuchungen und nachteiligen Erfahrungen ist bekannt, daß Alginatabdrücke bei Lagerung nicht formhaltig sind. Die Modellherstellung sollte daher so schnell wie möglich erfolgen.
Die geringe Dimensionsstabilität bei Lagerung an der Luft wird durch die Verdunstung des im Alginatgel eingeschlossenen Wassers verursacht. Besonders stark sind hiervon die Oberfläche und dünnauslaufende Anteile des Abdrucks betroffen, die jedoch für die Formgenauigkeit von besonderer Bedeutung sind. Im Experiment schrumpft ein Alginat innerhalb 30 min. stärker als ein Elastomer in 24 Std.

Die Lagerung in Wasser hat auf die verschiedenen Fabrikate eine unterschiedliche Wirkung; einige expandieren (unter weiterer Wasseraufnahme) zunächst und kontrahieren anschließend, während andere trotz des Wasserangebots gleich kontrahieren. Hier spielt sicher die Syneresis des Gelzustandes der Massen eine Rolle. Unter Syneresis wird eine Art der Alterung eines Gels verstanden, die zu einer Schrumpfung der Masse unter Auspressen von Feuchtigkeit führt. Bei Wasserlagerung gehen übrigens auch Anteile der Masse in Lösung (20, 27, 31).
Auch die Lagerung in einer feuchten Atmosphäre (in einer Hygrophor, z. B. in verschlossenem Plastikbeutel oder -büchse mit feuchtem Zellstoff) kann die Dimensionsstabilität des Alginatabdrucks nicht garantieren, wenn auch die Veränderungen nicht so groß wie an der Luft oder im Wasser sind (12, 13).

4. Bemerkungen zur Indikation

Bekannt und bewährt ist der Einsatz der Alginate in der Kieferorthopädie, wo schnellabbindende und hochvisköse Massen bevorzugt werden. Die Anwendung ist hier relativ unproblematisch, weil im jugendlichen Gebiß meist kaum untersichgehende Stellen vorliegen.

Auch für die Herstellung von Gegenbissen, Demonstrations- oder Situationsmodellen sind die Alginate unproblematisch. Ferger und Boitel betonen die Bedeutung des ,,Gegenbißmodells'' (32, 33).
Die Abformung unbezahnter Kiefer ist unter Verwendung sog. halb-individueller Löffel (z. B. Schreinemakers oder Xantopren- Trays) erheblich günstiger als mit normalen Konfektionslöffeln. Sie verdrängen z. B. die verschiebliche Schleimhaut der Umschlagfalte wesentlich weniger stark. Auch die einseitige maxillomandibuläre Situationsabformung in zentraler Relation wird mit Erfolg mit Alginatmassen durchgeführt (34).
Bei geschicktem Vorgehen gelingt auch die Abformung teilbezahnter Kiefer ausreichend, für die ein einfacher abnehmbarer, gegossener Ersatz geplant ist. Bedacht werden muß hier allerdings, daß die Genauigkeit eines Alginatabdrucks nicht die von reversiblen Hydrokolloiden oder Elastomeren erreicht. Auch müssen die besonderen Eigenschaften der Alginate beachtet werden, d. h. vor allem ihre geringe Dimensionsbeständigkeit (daher Modellanfertigung in der Praxis bzw. im Praxis-Labor).
Die Grenze der Alginate dürfte jedoch bei Abformungen für den Kronen- und Brückenersatz sowie allen Präzisionsarbeiten überschritten sein. Schon die nicht ausreichende Detailzeichnung, geringe Festigkeit fein auslaufender Anteile (Sulcus) und die

relativ hohe Viskosität der Massen weisen hier auf ihre Unterlegenheit gegenüber den Elastomer-Abformmassen. Häufig ist auch nur das Fremdlabor in der Lage, die benötigten Spezialmodelle richtig herzustellen. Daher wäre in diesen Fällen ein Versand - und das heißt unbestimmte Lagerzeit, verbunden mit Dimensionsänderungen - nicht zu umgehen, so daß hier Alginate nicht eingesetzt werden sollten (20).

5. Fragestellung

Für die Praxis sind folgende Fragen von Bedeutung:

1. Wie ist das Dimensionsverhalten eines Alginatabformwerkstoffes nach maschinellem Anmischen?
2. Welches sind die Vor- bzw. Nachteile eines maschinell angerührten Alginats gegenüber einer Anmischung dieses Abformwerkstoffes mit der Hand? Beeinflußt maschinelles Anrühren die Struktur von Alginaten?

6. Versuchsaufbau

Die Messungen erfolgten an einem Modell, das die Situation eines beschliffenen Stumpfes in geschlossener Zahnreihe darstellt. In vergrößertem Maßstab (ca. 2:1) wurden ein Praemolar, der konisch beschliffene Stumpf und ein Molar in einen den Kieferkamm darstellenden Kunststoffsockel eingebaut. An den Approximalflächen der Zähne wurden jeweils drei parallel gefräste Meßflächen angelegt, ebenso am Stumpf.

Molar und Praemolar wurden aus Phantometall (Zinnbronze mit einem Gehalt von 3 0/0 Co und 11 0/0 Sn) gegossen, der Stumpf aus Messing gedreht und poliert. Mit einem Präzisionsfräsgerät wurden die erwähnten Meßflächen angelegt (Abb. 1, 2).

Zur Durchführung der Versuchsabformungen wurde ein Gerät verwendet, welches einen parallelen, reproduzierbaren Einschub des Abdrucklöffels gestattet. Das Abformgerät besteht aus einem festen unteren Teil, auf dem Führung und Anschlag des Abdrucklöffels angebracht sind. Das bewegliche Oberteil ist durch Gleitschienen geführt. An seiner Unterseite wird die Grundplatte des Originalmodells befestigt. Zwei Anschläge bewirken, daß das Modell immer gleich tief in die im Löffel befindliche Abformmasse gedrückt wird. Zwei Federn heben das Gewicht des Oberteiles auf, welches somit mit leichtem Druck nach unten zu führen ist (Abb. 3, 4).

Abb. 1 Urmodell

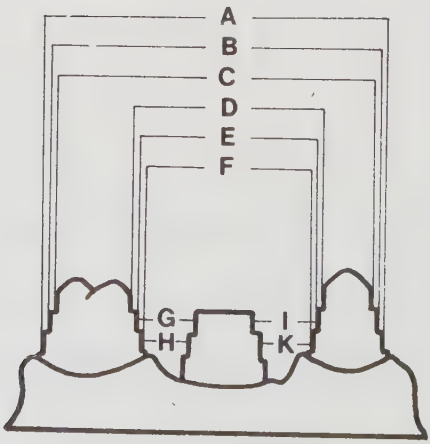


Abb. 2 Urmodell mit Meßstrecken a - k

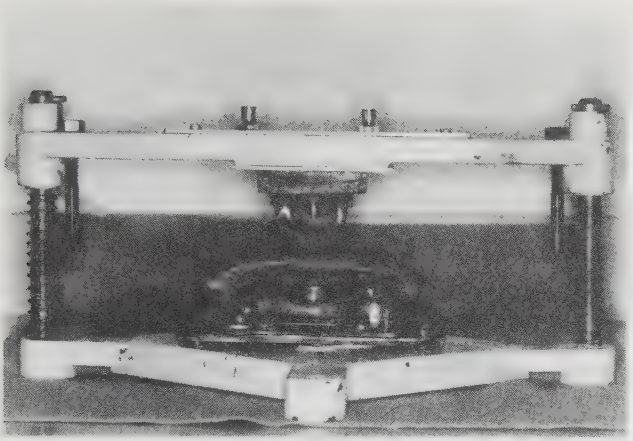


Abb.3 Abformpresse

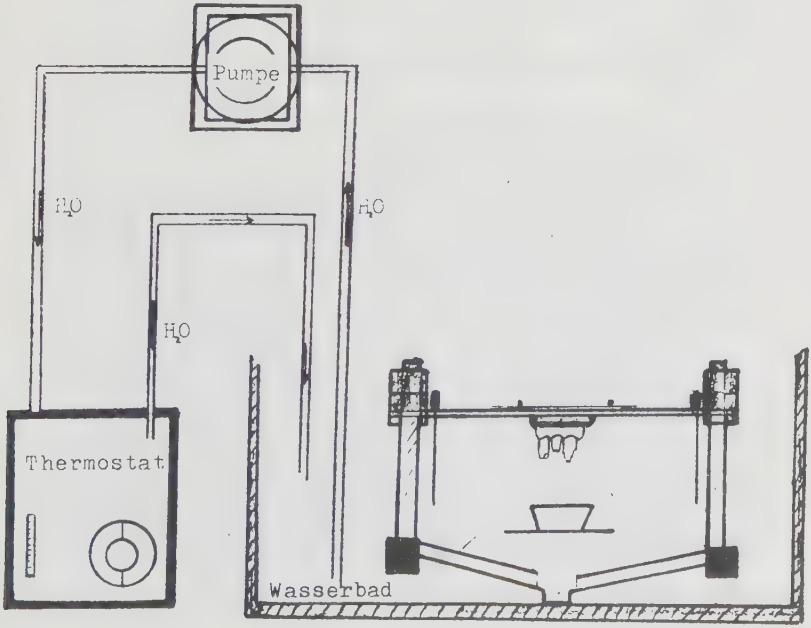


Abb.4 Versuchsaufbau

7. Durchführung der Versuche

Es wurden insgesamt zwölf Versuchsreihen durchgeführt, wobei zehn das maschinelle und zwei das Handanmischen beinhalten.
Die Handmischung dauerte 1 Minute. Es wurden für die Handanmischung zwei unterschiedliche Wassertemperaturen gewählt, und zwar zum einen +7°C und zum anderen +21°C. Bei jeder der genannten Wassertemperaturen wurden je 10 Abdrücke genommen.
Die maschinellen Anmischungen wurden mit den Buchstaben A - E gekennzeichnet, wobei A für eine Anmischzeit von 18 sec., B für eine Zeit von 20 sec., C für 22 sec., D für 24 sec. und E für 26 sec. stand.
Die Versuchsreihen A - E wurden einmal mit einem auf +21 Grad C. und einmal mit +7 Grad C. temperierten Mischwasser durchgeführt.
Zu jeder Zeiteinheit A - E wurden zehn Abdrücke genommen. Bei dem zur maschinellen Anmischung verwendeten Gerät handelte es sich um das Universalmischgerät „AM 501'' der Firma Hauschild.
Die genau abgemessene Alginat- und Wassermenge wurde gemeinsam in den Anrührbecher gegeben und durch Rotation innerhalb der angegebenen Versuchszeiten gemischt. Es wurden für jeden Abdruck 15,4 g Alginatpulver mit 42 ml Wasser gemischt. Dies entspricht zwei gestrichenen Maß Pulver + 1 Maß Wasser. Die

Lagerung des Alginatpulvers erfolgte stets bei Raumtemperatur (ca. ±21 Grad C.). Das Mischwasser wurde 24 Stunden vor Gebrauch unter Raumtemperatur gelagert, so daß hier immer eine konstante Temperatur von ±21 Grad C. erzielt werden konnte.
Die Temperatur von +7 Grad C. konnte durch 24stündige Lagerung des Anmischwassers im genau auf +7 Grad C. eingestellten Kühlschrank erreicht werden.
Um möglichst unter Mundbedingungen arbeiten zu können, wurde die Abformpresse zunächst 12 Stunden im Wärmeschrank bei +36 Grad C. temperiert. Ferner wurde ein temperiertes Wasserbad von +36 Grad C. benutzt (Abb. 4), so daß die Mundverhältnisse annähernd simuliert werden konnten. Zum einen wurden die Abdrücke unter Wasser genommen und ausgehärtet, zum anderen in der Raumluft.
Die Zeit des Einbringens der Alginatmasse bis zur Aushärtung (Abbindezeit) wurde mittels Stoppuhr auf 3 min. beschränkt.
Unmittelbar nach der Abformung wurden die Abdrücke mit „Kerr Velmix-Stone'' einem Spezialhartgips vom Typ IV nach Ada-Norm ausgegossen (21).
Die Modelle wurden nach 30 min. vom Abformmaterial befreit und 24 Std. bei Raumklima gelagert.
Alle Gipsmodelle wurden nach 24 Std., 72, 120 und 192 Std. vermessen. Die eingefräßten parallelen Flächen auf dem Meßmodell ergaben 10 Meßstrecken,

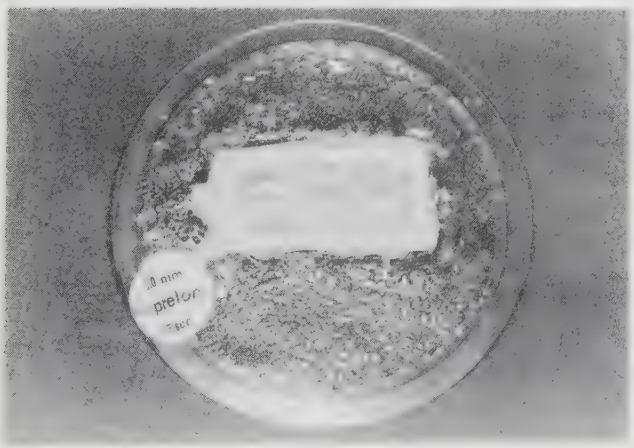
die mit den Buchstaben a - k bezeichnet wurden. Zur Messung der Außenstrecken a, b und e wurde eine Mikrometerschraube Typ 7950 PAV (Präzisionsapparatebau Vaduz/Licht) verwendet. Die Strecken d - k wurden mit einer Mikrometerschraube der Firma Mauser Typ 2501 (Gen. 1) vermessen. Die Meßergebnisse wurden erstens tabellarisch aufgeführt und zweitens in Koordinatensystemen graphisch dargestellt.

Im Koordinatensystem wurde auf der x-Achse die Zeit in Stunden, auf der y-Achse die prozentuale Dimensionsänderung in O/O aufgetragen. Die Verbindungslinien zwischen den einzelnen Punkten geben die Dimensionsänderung der nach 30 min. entformten Abdrücke auf die Zeit von 24, 72, 120 und 192 Std. wieder.

Die Lagerung der entformten Gipsmodelle erfolgte bei Raumklima, also Bedingungen, die dem eines Technikerlabors entsprechen.

Zur Auswahl des Löffels

Als Abformlöffel wurde ein im Tiefziehverfahren hergestellter Löffel aus einer 3 mm starken Imprelon-Kunststoffplatte verwendet. Die äußeren Dimensionen des Löffels entsprachen denen, der der Abdruckpresse ausgelöteten Wanne.
Die Innenmaße entsprachen - auf die Stumpfgrößen bezogen - denen eines konfektionierten Kunststofflöffels. Die Masseschicht zwischen Löffelwand und Stumpf war allerseits >5 mm.
Um eine gute Haftung des Abdruckmaterials zu gewährleisten, wurde der Löffel mit „Fix'' - Haftmittel für Abdrucklöffel - von der Firma De Trey eingesprüht.



Versuchsreihen in der Übersicht

maschinelles Anmischen

A	10 Abdrücke bei 18 sec. H_2O Temperatur +7 Grad C.
B	10 Abdrücke bei 20 sec. H_2O Temperatur +7 Grad C.
C	10 Abdrücke bei 22 sec. H_2O Temperatur +7 Grad C.
D	10 Abdrücke bei 24 sec. H_2O Temperatur +7 Grad C.
E	10 Abdrücke bei 26 sec. H_2O Temperatur +7 Grad C.

maschinelles Anmischen

A	10 Abdrücke bei 18 sec. H_2O Temperatur +21 Grad C.
B	10 Abdrücke bei 20 sec. H_2O Temperatur +21 Grad C.
C	10 Abdrücke bei 22 sec. H_2O Temperatur +21 Grad C.
D	10 Abdrücke bei 24 sec. H_2O Temperatur +21 Grad C.
E	10 Abdrücke bei 26 sec. H_2O Temperatur +21 Grad C.

Handanmischen

+21°C	10 Abdrücke	H_2O Temperatur +21 Grad C.
+ 7°C	10 Abdrücke	H_2O Temperatur + 7 Grad C.

Die bei jeder Zeiteinheit A - E gemachten 10 Abdrücke wurden unmittelbar nach Abdrucknahme ausgegossen und nach 24 Std. vermessen.
Die daraus resultierenden Meßwerte wurden gemittelt und in die folgenden Tabellen übertragen.

8. Ergebnisse der Versuche

8.1. in tabellarischer Darstellung

	Meß-strecken	Ur-modell	24 Std			72 Std			12o Std			192 Std		
			Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%
+21°C	a	42.9oo	42.96o	+o.o6o	o.14	42.96o	+o.o6	o.139	42.948	+o.o48	o.112			
	b	42.19o	42.247	+o.o57	o.135	42.236	+o.o5	o.11	42.23o	+o.o4o	o.o96			
	c	41.192	41.246	+o.o54	o.131	41.233	+o.o41	o.o99	41.227	+o.o35	o.o86			
	d	23.186	23.16o	-o.o26	o.112	23.167	-o.o19	o.o82	23.167	-o.o19	o.o8o			
	e	22.612	22.582	-o.o3o	o.134	22.592	-o.o2o	o.o89	22.593	-o.o19	o.o84			
	f	21.8oo	21.772	-o.o28	o.128	21.776	-o.o24	o.11	21.78o	-o.o2	o.o94			
	g	7.45o	7.44o	-o.o1o	o.132	7.443	-o.oo7	o.o91	7.444	-o.oo6	o.o84			
	h	6.448	6.439	-o.oo9	o.142	6.44o	-o.oo8	o.122	6.441	-o.oo7	o.1o8			
	i	7.492	7.482	-o.o1o	o.133	7.485	-o.oo7	o.1o	7.485	-o.oo7	o.o94			
	k	6.5oo	6.491	-o.oo9	o.138	6.495	-o.oo5	o.o8	6.495	-o.oo5	o.o8			
+7°C	a	42.9oo	42.965	+o.o65	o.152	42.947	+o.o47	o.11	42.937	+o.o37	o.o86			
	b	42.192	42.254	+o.o62	o.148	42.234	+o.o42	o.1o	42.228	+o.o36	o.o85			
	c	41.192	41.263	+o.o71	o.172	41.249	+o.o57	o.139	41.237	+o.o45	o.11o			
	d	23.186	23.147	-o.o39	o.168	23.156	-o.o3o	o.13o	23.16o	-o.o26	o.11o			
	e	22.612	22.576	-o.o36	o.158	22.584	-o.o28	o.125	22.59o	-o.o22	o.o99			
	f	21.8oo	21.769	-o.o31	o.144	21.774	-o.o26	o.118	21.779	-o.o21	o.o96			
	g	7.45o	7.44o	-o.o1o	o.139	7.442	-o.oo8	o.1o2	7.443	-o.oo7	o.o88			
	h	6.448	6.439	-o.oo9	o.141	6.441	-o.oo7	o.114	6.442	-o.oo6	o.o91			
	i	7.492	7.481	-o.o11	o.145	7.484	-o.oo8	o.11o	7.485	-o.oo7	o.o88			
	k	6.5oo	6.49o	-o.o1o	o.15o	6.492	-o.oo8	o.121	6.493	-o.oo7	o.o1o			

handangerührt

H_2O-Temperatur +21° C/ 7° C.

	Meß-strecken	Ur-modell	24 Std			72 Std			12o Std			192 Std		
			Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%
A	a	42.852	42.917	+o.o65	o.152	42.9o6	+o.o54	o.125	42.894	+o.o42	o.o99			
	b	42.154	42.213	+o.o59	o.14o	42.2o4	+o.o5o	o.119	42.192	+o.o38	o.o89			
	c	41.155	41.214	+o.o59	o.143	41.2o7	+o.o52	o.126	41.197	+o.o42	o.1o1			
	d	23.181	23.144	-o.o37	o.161	23.154	-o.o27	o.125	23.16o	-o.o21	o.o91			
	e	22.6o4	22.57o	-o.o34	o.15o	22.574	-o.o3o	o.132	22.579	-o.o25	o.11o			
	f	21.799	21.767	-o.o32	o.149	21.772	-o.o27	o.125	21.776	-o.o23	o.1o5			
	g	7.34o	7.327	-o.o13	o.172	7.33o	-o.o1o	o.13o	7.332	-o.oo8	o.112			
	h	6.332	6.322	-o.o1o	o.162	6.324	-o.oo8	o.122	6.326	-o.oo6	o.1o1			
	i	7.445	7.434	-o.o11	o.143	7.436	-o.oo9	o.116	7.437	-o.oo8	o.1o4			
	k	6.575	6.565	-o.o1o	o.15o	6.567	-o.oo8	o.12o	6.569	-o.oo6	o.o95			
B	a	42.852	42.92o	+o.o68	o.16o	42.9o1	+o.o49	o.115	42.89o	+o.o38	o.o88			
	b	42.154	42.219	+o.o65	o.155	42.2o6	+o.o52	o.123	42.197	+o.o43	o.1o1			
	c	41.155	41.222	+o.o67	o.162	41.2o4	+o.o49	o.119	41.197	+o.o42	o.1o2			
	d	23.181	23.142	-o.o39	o.17o	23.153	-o.o28	o.121	23.158	-o.o23	o.o99			
	e	22.6o4	22.57o	-o.o34	o.151	22.577	-o.o27	o.118	22.58o	-o.o24	o.1o3			
	f	21.799	21.767	-o.o32	o.149	21.774	-o.o25	o.115	21.779	-o.o2o	o.o91			
	g	7.34o	7.328	-o.o12	o.16o	7.332	-o.oo8	o.11o	7.334	-o.oo6	o.o85			
	h	6.332	6.322	-o.o1o	o.156	6.325	-o.oo7	o.1o7	6.326	-o.oo5	o.o81			
	i	7.445	7.434	-o.o11	o.147	7.437	-o.oo8	o.112	7.438	-o.oo7	o.o92			
	k	6.575	6.565	-o.o1o	o.158	6.567	-o.oo8	o.121	6.569	-o.oo6	o.o95			

maschinell angerührt

H_2O-Temperatur +21° C.

		24 Std			72 Std			12o Std			192 Std		
Meß-strecken	Ur-modell	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%
a	42.852	42.934	+o.o82	o.191	42.921	+o.o69	o.161	42.9o6	+o.o54	o.126	42.9oo	+o.o48	o.112
b	42.154	42.232	+o.o78	o.185	42.218	+o.o64	o.152	42.2o5	+o.o51	o.12o	42.2oo	+o.o46	o.11o
c	41.155	41.229	+o.o74	o.181	41.216	+o.o61	o.149	41.2o6	+o.o51	o.124	41.197	+o.o42	o.1o1
d	23.181	23.139	-o.o42	o.179	23.147	-o.o34	o.145	23.151	-o.o3o	o.131	23.154	-o.o27	o.115
C e	22.6o4	22.567	-o.o37	o.165	22.572	-o.o32	o.14o	22.576	-o.o28	o.126	22.577	-o.o27	o.118
f	21.799	21.759	-o.o4o	o.183	21.766	-o.o33	o.151	21.77o	-o.o29	o.132	21.773	-o.o26	o.12o
g	7.34o	7.326	-o.o14	o.19o	7.328	-o.o12	o.16o	7.33o	-o.o1o	o.139	7.331	-o.oo9	o.121
h	6.332	6.32o	-o.o12	o.185	6.321	-o.o1o	o.158	6.323	-o.oo9	o.135	6.325	-o.oo7	o.118
i	7.445	7.432	-o.o13	o.178	7.434	-o.o11	o.151	7.435	-o.o1o	o.13o	7.436	-o.oo9	o.116
k	6.575	6.563	-o.o12	o.182	6.565	-o.o1o	o.153	6.567	-o.oo8	o.128	6.567	-o.oo8	o.122
a	42.852	42.938	+o.o86	o.2o1	42.924	+o.o72	o.168	42.9o4	+o.o52	o.121	42.895	+o.o43	o.1o1
b	42.154	42.238	+o.o84	o.199	42.223	+o.o69	o.165	42.2o6	+o.o52	o.124	42.2o1	+o.o47	o.112
c	41.155	41.235	+o.o8o	o.195	41.226	+o.o71	o.172	41.2o9	+o.o54	o.132	41.2o9	+o.o54	o.132
d	23.181	23.132	-o.o49	o.211	23.139	-o.o42	o.183	23.148	-o.o33	o.142	23.149	-o.o32	o.136
D e	22.6o4	22.554	-o.o5o	o.223	22.561	-o.o43	o.191	22.573	-o.o31	o.139	22.577	-o.o27	o.119
f	21.7o9	21.638	-o.o71	o.325	21.665	-o.o44	o.2o2	21.678	-o.o31	o.142	21.684	-o.o25	o.115
g	7.34o	7.322	-o.o18	o.246	7.325	-o.o15	o.199	7.329	-o.o11	o.146	7.333	-o.oo7	o.1o2
h	6.332	6.317	-o.o15	o.235	6.32o	-o.o12	o.189	6.322	-o.o1o	o.151	6.325	-o.oo7	o.11o
i	7.445	7.429	-o.o16	o.21o	7.431	-o.o14	o.19o	7.434	-o.o11	o.153	7.437	-o.oo8	o.111
k	6.575	6.56o	-o.o15	o.226	6.562	-o.o13	o.2o1	6.564	-o.o11	o.161	6.567	-o.oo8	o.124

maschinell angerührt

H_2O- Temperatur +21° C.

E

Meß-strecken	Ur-modell	24 Std			72 Std			12o Std			192 Std		
		Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%
a	42.852	43.000	+o.148	o.345	42.965	+o.113	o.264	42.95o	+o.o98	o.23o	42.94o	+o.o88	o.2o5
b	42.154	42.4oo	+o.246	o.584	42.356	+o.2o2	o.48o	42.334	+o.18o	o.428	42.332	+o.168	o.4oo
c	41.155	41.357	+o.2o2	o.492	41.322	+o.167	o.4o5	41.3o2	+o.147	o.358	41.289	+o.134	o.326
d	23.181	23.o72	-o.1o9	o.47o	23.o97	-o.o84	o.362	23.1o5	-o.o76	o.33o	23.111	-o.o7o	o.3oo
e	22.6o4	22.5o3	-o.1o1	o.448	22.525	-o.o79	o.348	22.539	-o.o65	o.289	22.545	-o.o59	o.262
f	21.799	21.685	-o.113	o.52o	21.7o6	-o.o93	o.425	21.722	-o.o77	o.355	21.727	-o.o72	o.328
g	7.34o	7.3o5	-o.o35	o.48o	7.318	-o.o21	o.289	7.323	-o.o17	o.228	7.325	-o.o15	o.2oo
h	6.332	6.3o7	-o.o25	o.389	6.313	-o.o19	o.3oo	6.317	-o.o15	o.234	6.317	-o.o15	o.234
i	7.445	7.414	-o.o31	o.412	7.42o	-o.o25	o.336	7.425	-o.o2o	o.275	7.426	-o.o19	o.249
k	6.575	6.547	-o.o28	o.422	6.552	-o.o23	o.344	6.556	-o.o19	o.29o	6.558	-o.o17	o.266

maschinell angerührt

H_2O-Temperatur +21° C.

	Meß-strecken	Ur-modell	24 Std			72 Std			12o Std			192 Std		
			Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%
A	a	42.748	42.811	+o.o63	o.146	42.798	+o.o5o	o.118	42.792	+o.o44	o.1o2	42.79o	+o.o42	o.o98
	b	42.146	42.211	+o.o65	o.154	42.197	+o.o51	o.12o	42.193	+o.o47	o.111	42.185	+o.o39	o.o92
	c	41.21o	41.272	+o.o62	o.15o	41.259	+o.o49	o.118	41.257	+o.o47	o.114	41.247	+o.o37	o.o9o
	d	23.365	23.331	-o.o34	o.146	23.338	-o.o27	o.114	23.34o	-o.o25	o.1o7	23.343	-o.o22	o.o94
	e	22.7o9	22.674	-o.o35	o.152	22.682	-o.o27	o.121	22.685	-o.o24	o.1o6	22.688	-o.o21	o.o92
	f	21.85o	21.819	-o.o31	o.144	21.826	-o.o24	o.112	21.828	-o.o22	o.1o	21.831	-o.o19	o.o88
	g	7.718	7.7o8	-o.o1o	o.132	7.7o9	-o.oo9	o.116	7.71o	-o.oo8	o.1o2	7.711	-o.oo7	o.o86
	h	6.5o4	6.495	-o.oo9	o.141	6.496	-o.oo8	o.118	6.497	-o.oo7	o.1o	6.498	-o.oo6	o.o88
	i	7.4oo	7.39o	-o.o1o	o.13o	7.392	-o.oo8	o.114	7.392	-o.oo8	o.1o2	7.393	-o.oo7	o.o96
	k	6.487	6.478	-o.oo9	o.145	6.479	-o.oo8	o.12o	6.48o	-o.oo7	o.112	6.481	-o.oo6	o.o98
B	a	42.748	42.822	+o.o74	o.172	42.8o9	+o.o61	o.143	42.797	+o.o49	o.114	42.791	+o.o43	o.1o
	b	42.146	42.222	+o.o76	o.18o	42.2o9	+o.o63	o.15o	42.196	+o.o5o	o.119	42.194	+o.o48	o.115
	c	41.21o	41.28o	+o.o7o	o.169	41.268	+o.o58	o.14o	41.259	+o.o49	o.12o	41.252	+o.o42	o.1o2
	d	23.365	23.228	-o.o37	o.161	23.334	-o.o31	o.131	23.337	-o.o28	o.119	23.341	-o.o24	o.1o4
	e	22.7o9	22.669	-o.o4o	o.175	22.68o	-o.o29	o.128	22.684	-o.o25	o.1o9	22.686	-o.o23	o.1o
	f	21.85o	21.811	-o.o39	o.181	21.819	-o.o31	o.144	21.824	-o.o26	o.121	21.826	-o.o24	o.111
	g	7.718	7.7o4	-o.o14	o.178	7.7o8	-o.oo9	o.122	7.7o9	-o.oo9	o.114	7.71o	-o.oo8	o.1o
	h	6.5o4	6.493	-o.o11	o.168	6.495	-o.oo9	o.135	6.497	-o.oo7	o.112	6.498	-o.oo6	o.o99
	i	7.4oo	7.388	-o.o12	o.165	7.391	-o.oo9	o.128	7.391	-o.oo9	o.119	7.393	-o.oo7	o.1o
	k	6.487	6.477	-o.o1o	o.159	6.479	-o.oo8	o.13o	6.479	-o.oo7	o.113	6.481	-o.oo6	o.o95

maschinell angerührt

H_2O-Temperatur +7°C.

Meß-strecken	Ur-modell	24 Std			72 Std			120 Std			192 Std		
		Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%
a	42.748	42.831	+0.083	0.194	42.812	+0.064	0.150	42.804	+0.056	0.130	42.798	+0.048	0.112
b	42.146	42.226	+0.080	0.189	42.206	+0.060	0.142	42.199	+0.053	0.125	42.188	+0.042	0.10
c	41.210	41.291	+0.081	0.196	41.273	+0.063	0.152	41.264	+0.054	0.132	41.257	+0.047	0.114
d	23.365	23.318	-0.047	0.201	23.328	-0.037	0.158	23.334	-0.031	0.134	23.337	-0.028	0.116
e	22.709	22.667	-0.042	0.184	22.676	-0.033	0.146	22.680	-0.029	0.128	22.682	-0.027	0.119
f	21.850	21.807	-0.043	0.195	21.817	-0.033	0.151	21.822	-0.028	0.130	21.825	-0.025	0.114
g	7.718	7.703	-0.015	0.192	7.707	-0.011	0.148	7.708	-0.010	0.126	7.710	-0.008	0.108
h	6.504	6.492	-0.012	0.188	6.496	-0.008	0.136	6.496	-0.008	0.124	6.497	-0.007	0.112
i	7.400	7.386	-0.014	0.190	7.390	-0.010	0.140	7.391	-0.009	0.128	7.391	-0.009	0.116
k	6.487	6.475	-0.012	0.185	6.478	-0.009	0.139	6.479	-0.008	0.124	6.480	-0.007	0.115
a	42.748	42.838	+0.090	0.210	42.818	+0.070	0.165	42.801	+0.053	0.124	42.795	+0.047	0.110
b	42.146	42.234	+0.088	0.208	42.213	+0.067	0.160	42.200	+0.054	0.130	42.196	+0.050	0.119
c	41.210	41.297	+0.087	0.212	41.275	+0.065	0.158	41.262	+0.052	0.126	41.258	+0.048	0.118
d	23.365	23.314	-0.051	0.218	23.325	-0.040	0.172	23.335	-0.030	0.128	23.338	-0.027	0.120
e	22.709	22.659	-0.050	0.220	22.671	-0.038	0.169	22.679	-0.030	0.132	22.681	-0.027	0.120
f	21.850	21.802	-0.048	0.222	21.813	-0.037	0.170	21.822	-0.028	0.130	21.824	-0.026	0.122
g	7.718	7.701	-0.017	0.218	7.705	-0.013	0.165	7.708	-0.010	0.126	7.709	-0.009	0.118
h	6.504	6.490	-0.014	0.210	6.493	-0.011	0.162	6.496	-0.008	0.124	6.497	-0.007	0.116
i	7.400	7.384	-0.016	0.216	7.388	-0.012	0.159	7.390	-0.010	0.131	7.392	-0.008	0.109
k	6.487	6.474	-0.013	0.208	6.477	-0.010	0.155	6.478	-0.009	0.134	6.479	-0.008	0.124

C

D

maschinell angerührt

H_2O-Temperatur +7°C.

Meß-strecken	Ur-modell	24 Std			72 Std			12o Std			192 Std		
		Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%	Wert	Diff	%
a	42.748	42.9o3	+o.155	o.362	42.869	+o.121	o.284	42.838	+o.o9o	o.212	42.829	+o.o81	o.19o
b	42.146	42.3o6	+o.16o	o.382	42.256	+o.11o	o.261	42.234	+o.o88	o.21o	42.225	+o.o79	o.188
c	41.21o	41.353	+o.143	o.348	41.312	+o.1o2	o.248	41.292	+o.o82	o.2oo	41.286	+o.o76	o.186
d	23.365	23.283	-o.o82	o.351	23.312	-o.o53	o.228	23.321	-o.o44	o.189	23.322	-o.o43	o.184
e	22.7o9	22.63o	-o.o79	o.348	22.657	-o.o52	o.232	22.668	-o.o41	o.182	22.669	-o.o4o	o.176
f	21.85o	21 775	-o.o75	o.346	21.8o2	-o.o48	o.22o	21.811	-o.o39	o.18o	21.812	-o.o38	o.174
g	7.718	7.69o	-o.o28	o.36o	7.699	-o.o19	o.242	7.7o3	-o.o15	o.192	7.7o4	-o.o14	o.178
h	6.5o4	6.481	-o.o23	o.348	6.489	-o.o15	o.23o	6.492	-o.o12	o.19o	6.493	-o.o11	o.176
i	7.4oo	7.373	-o.o27	o.368	7.38o	-o.o2o	o.27o	7.386	-o.o14	o.192	7.388	-o.o12	o.168
k	6.487	6.463	-o.o24	o.37o	6.47o	-o.o17	o.256	6.475	-o.o12	o.188	6.476	-o.o11	o.17o

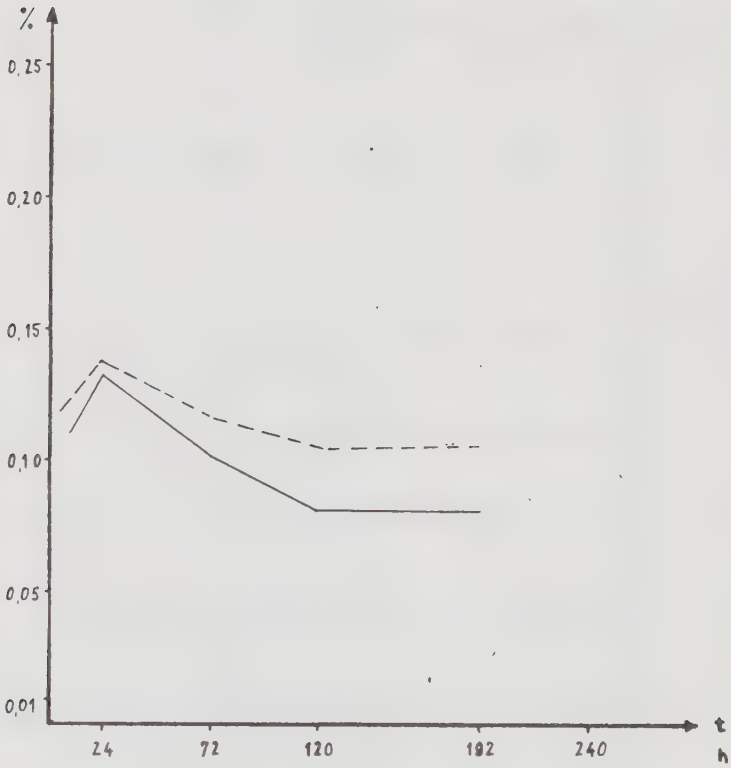
E

maschinell angerührt

H_2O-Temperatur +7° C.

8. Ergebnisse der Versuche

8.2. in graphischer Darstellung

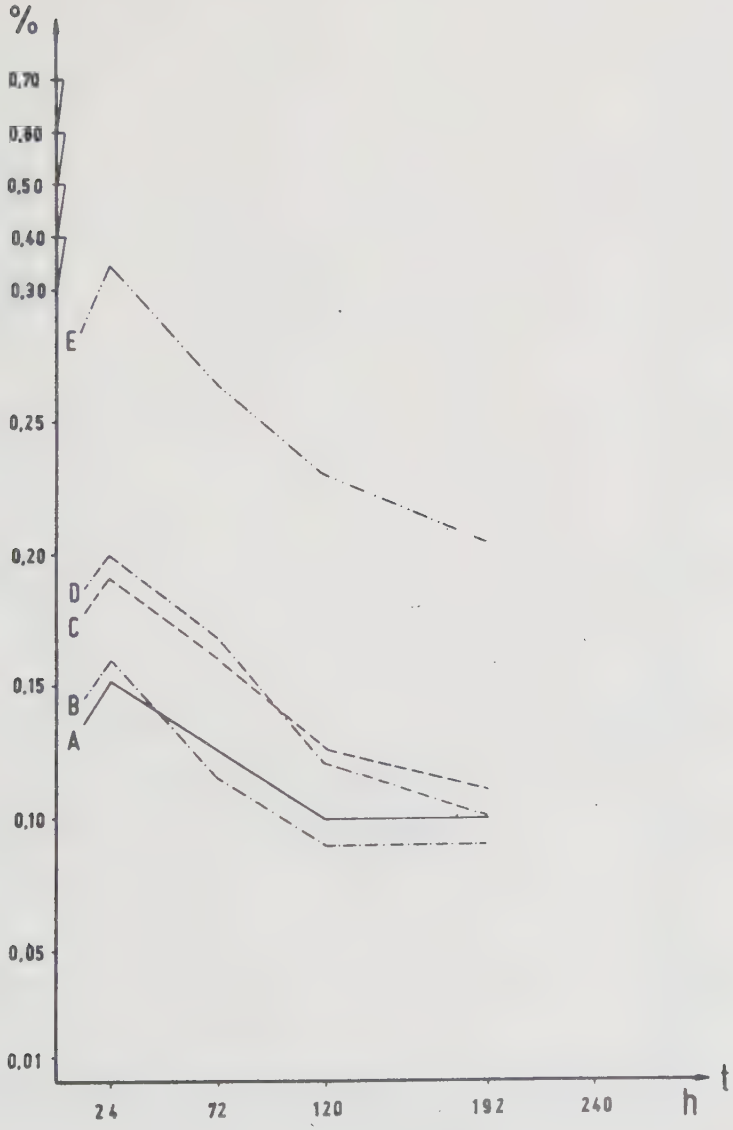


Dimensionsänderung

eines handangemischten Alginatabformwerkstoffes

– – – – – Mischwassertemperatur + 7°C

——— Mischwassertemperatur +21°C

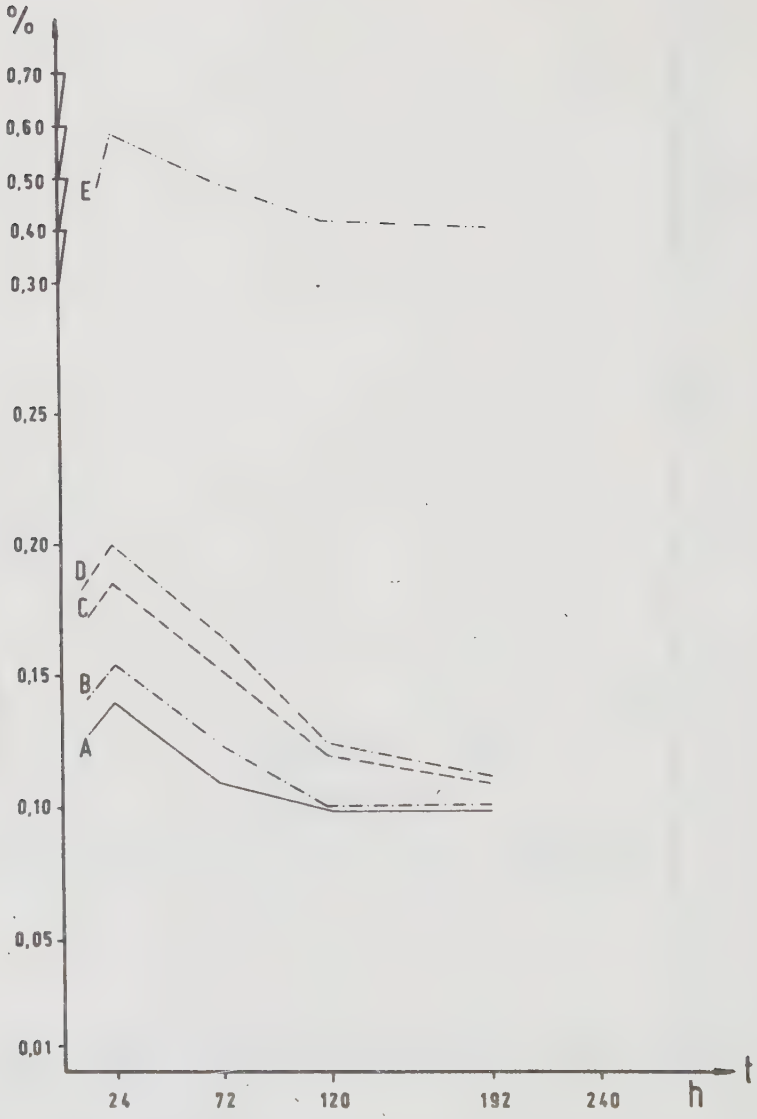


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke a

Mischwassertemperatur +21 °C

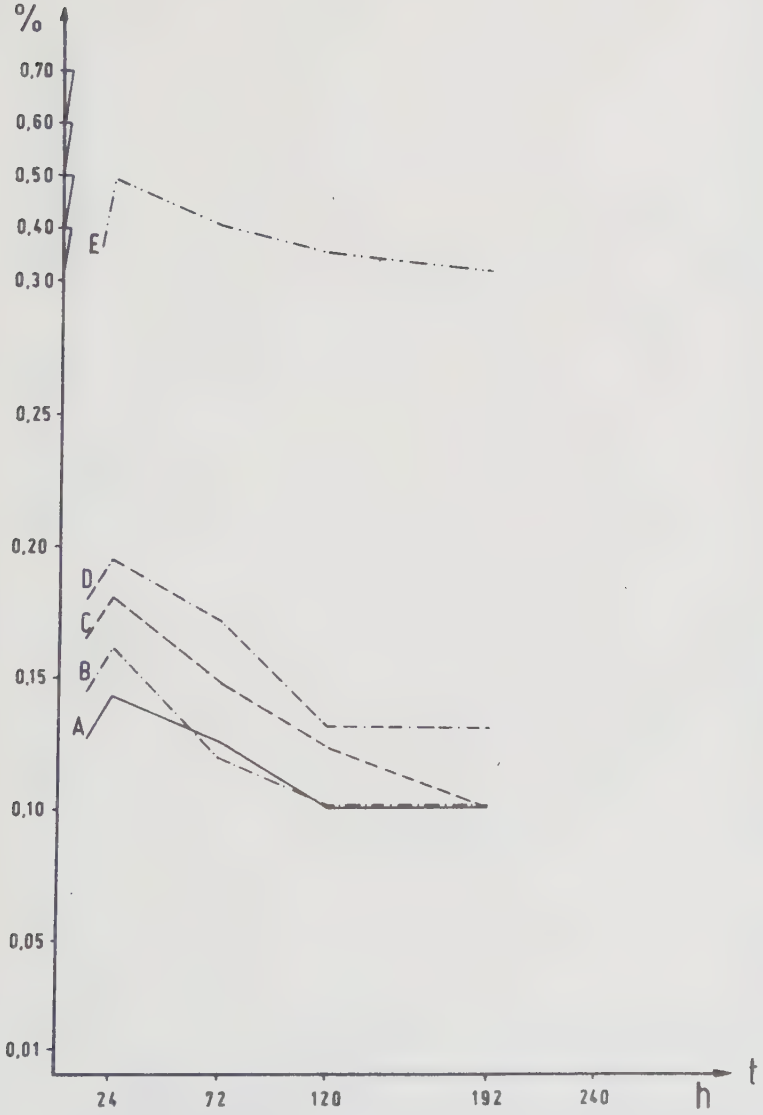


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke b

Mischwassertemperatur +21°C

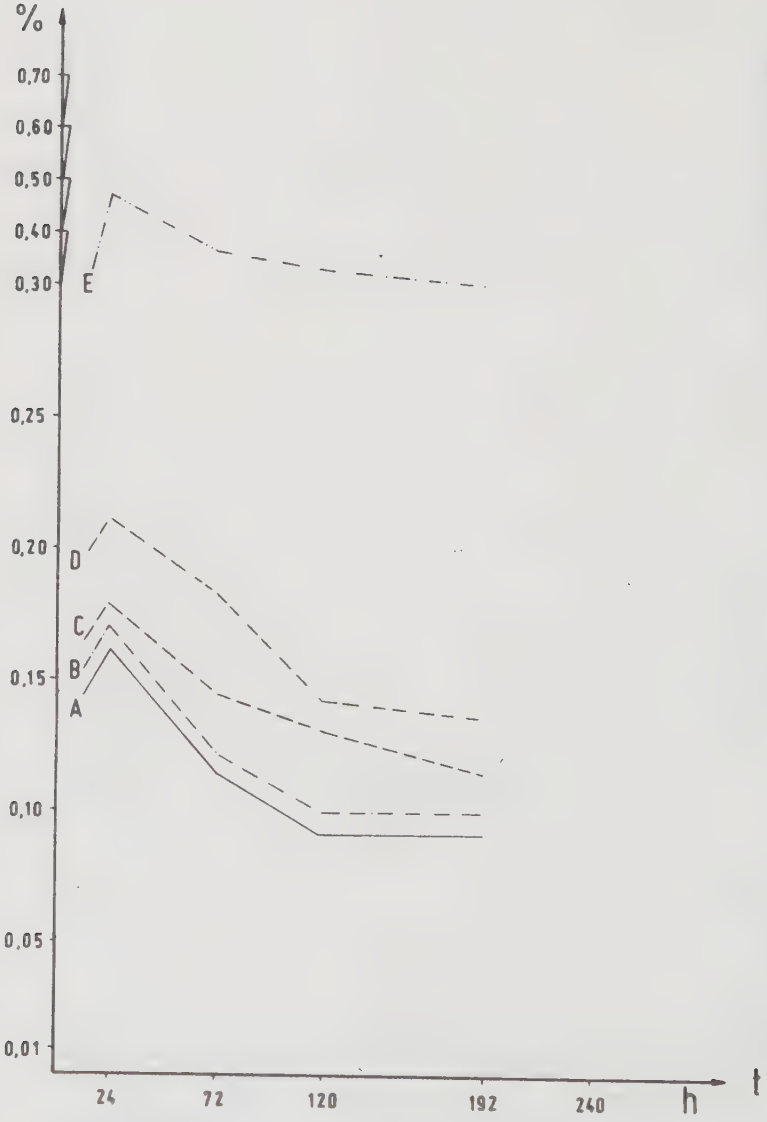


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke c

Mischwassertemperatur +21 °C

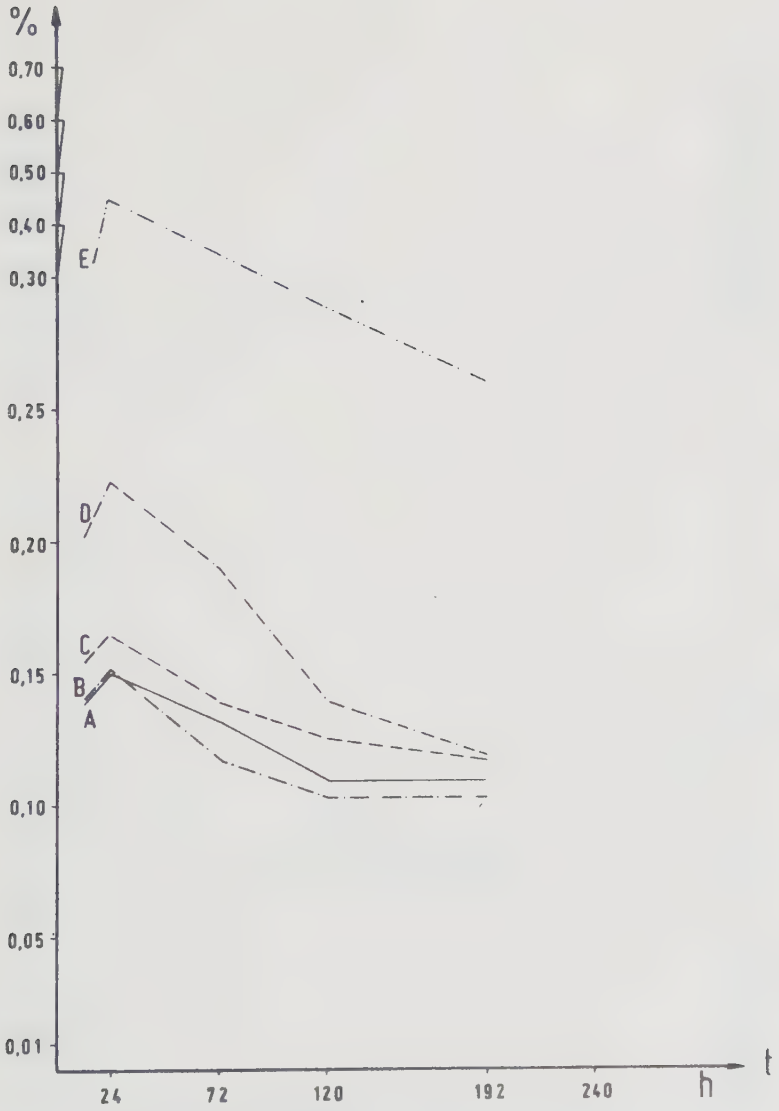


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke d

Mischwassertemperatur +21 °C

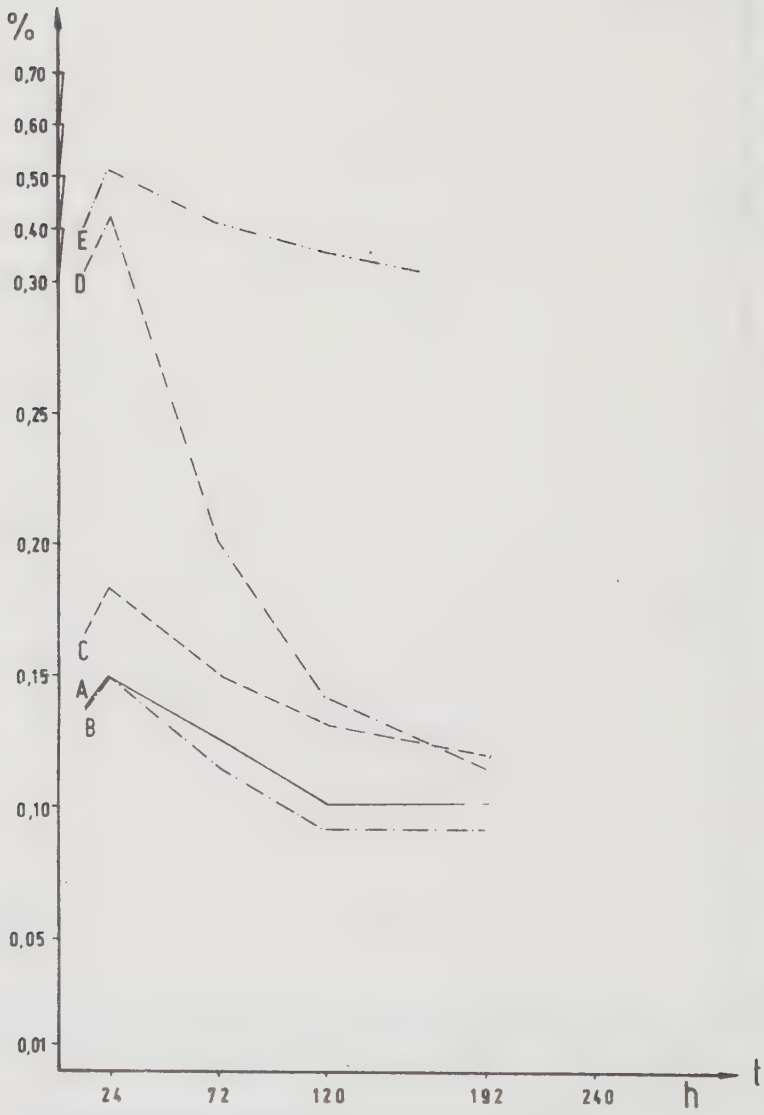


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A – E

Meßstrecke e

Mischwassertemperatur +21 °C

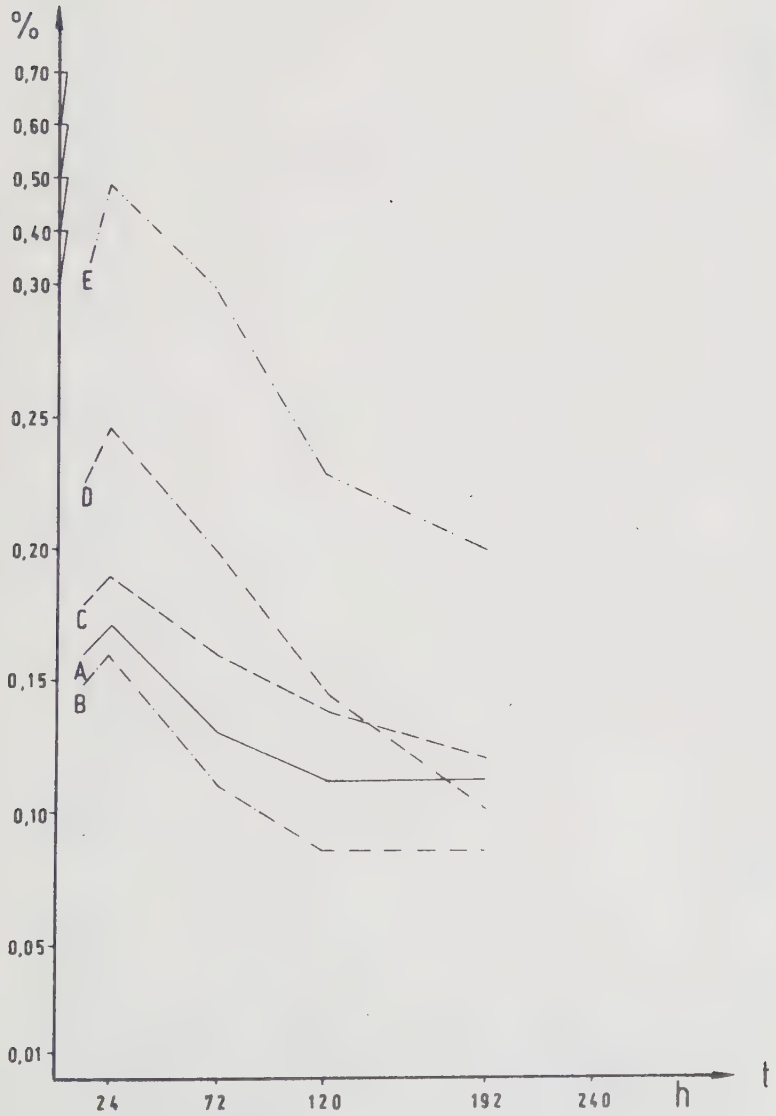


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke f

Mischwassertemperatur +21°C

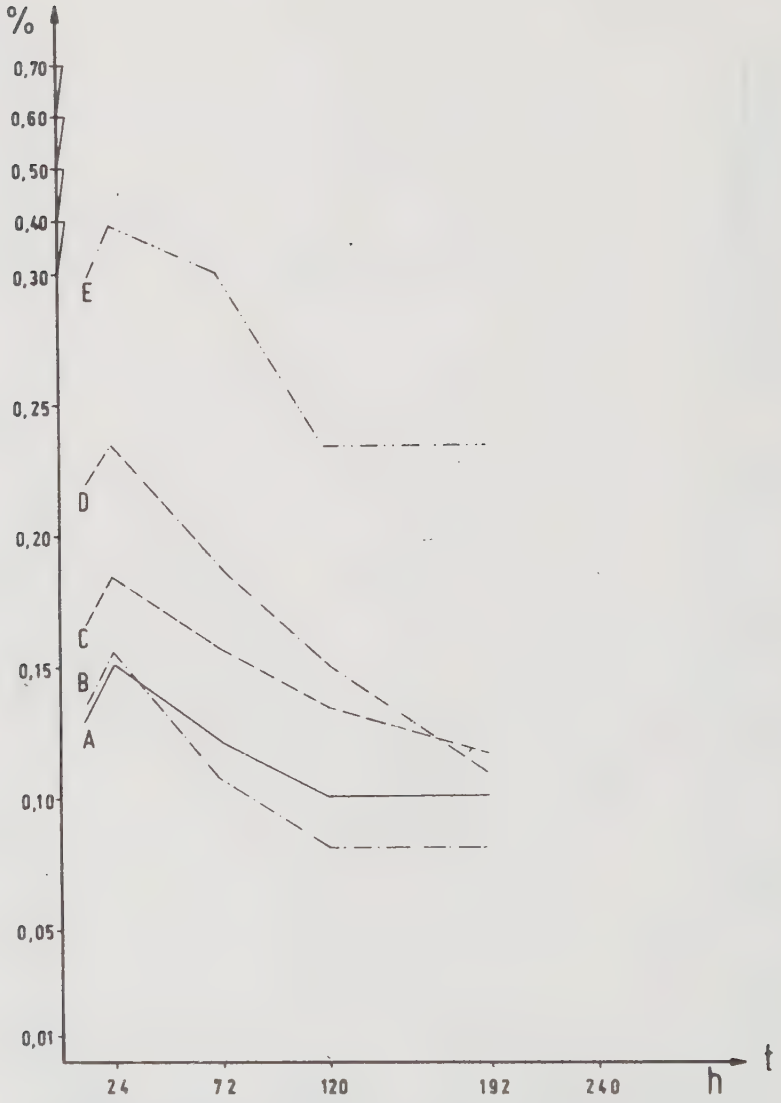


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A – E

Meßstrecke g

Mischwassertemperatur +21°C

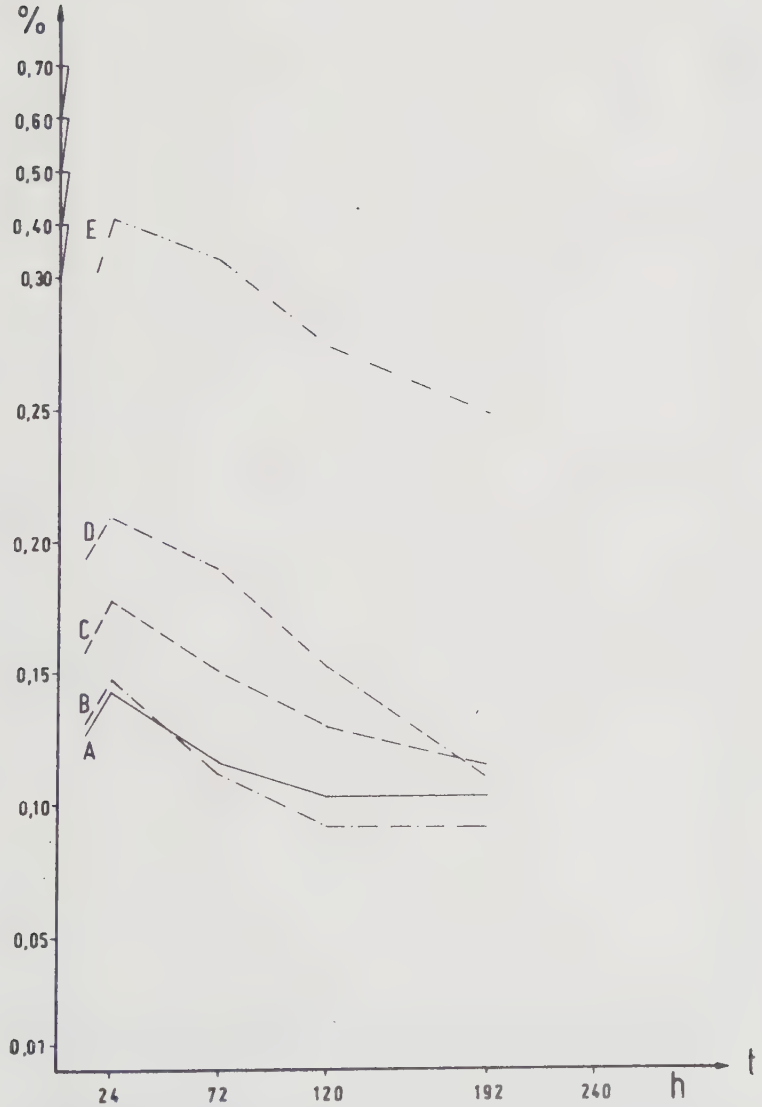


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke h

Mischwassertemperatur +21 °C

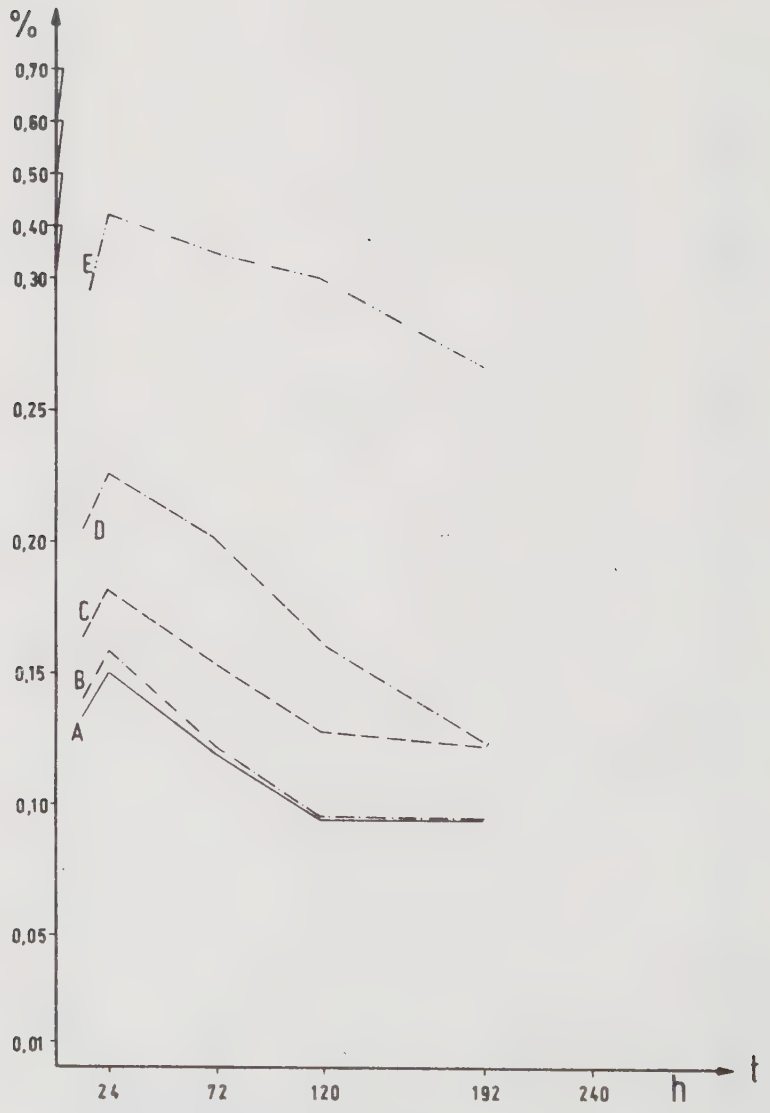


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke i

Mischwassertemperatur +21°C

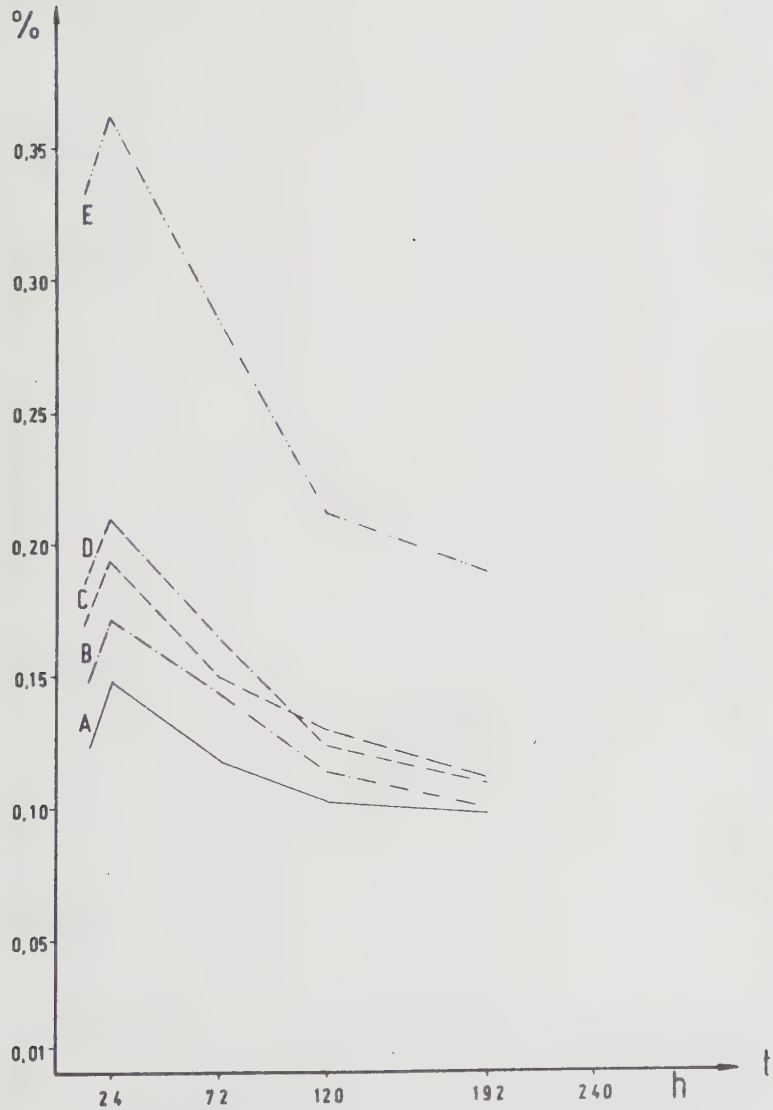


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke k

Mischwassertemperatur +21°C

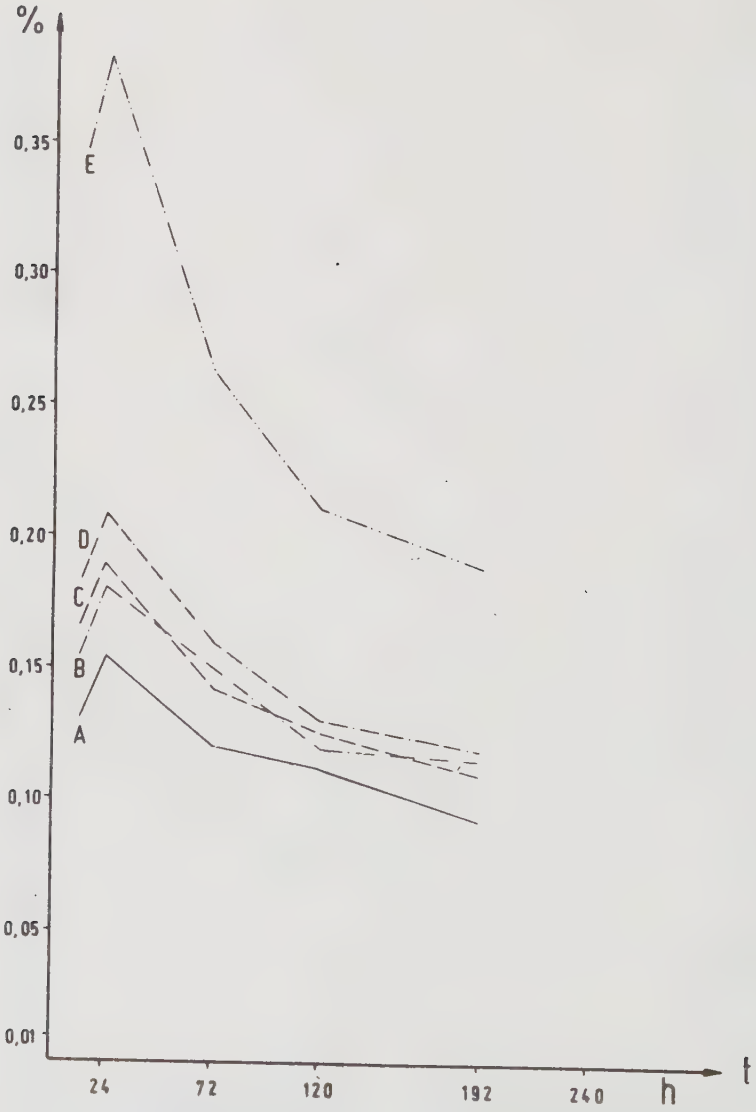


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke a

Mischwassertemperatur +7° C

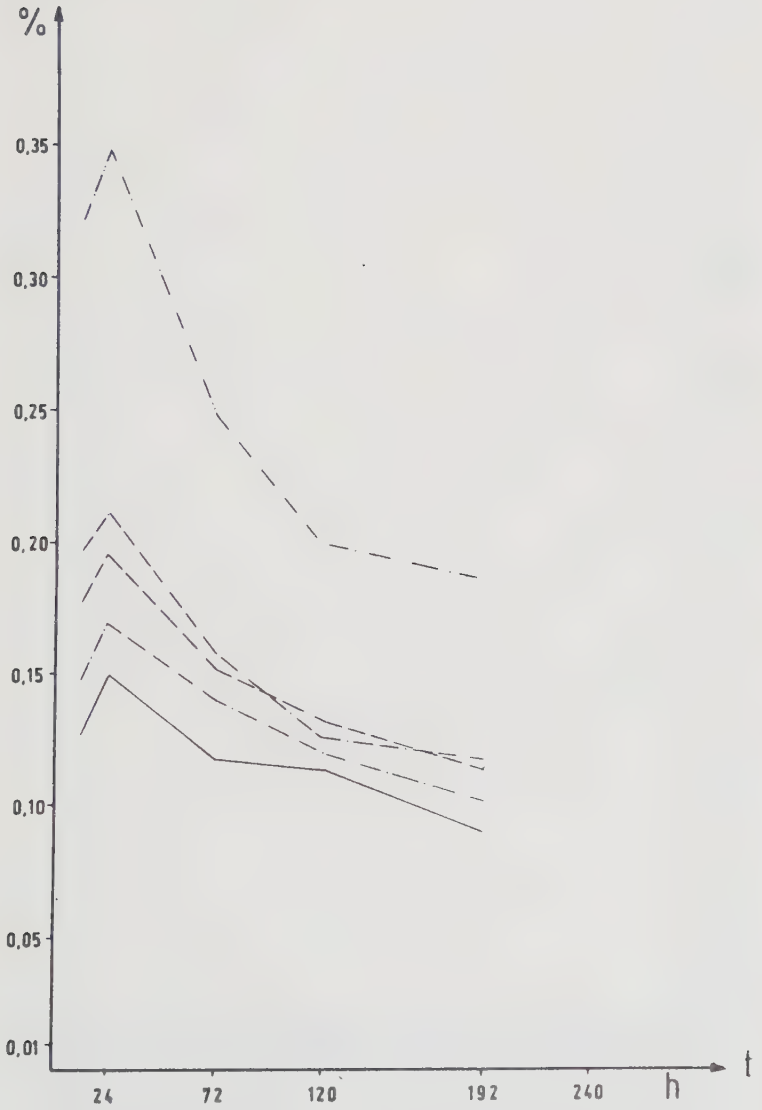


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A – E

Meßstrecke b

Mischwassertemperatur +7°C

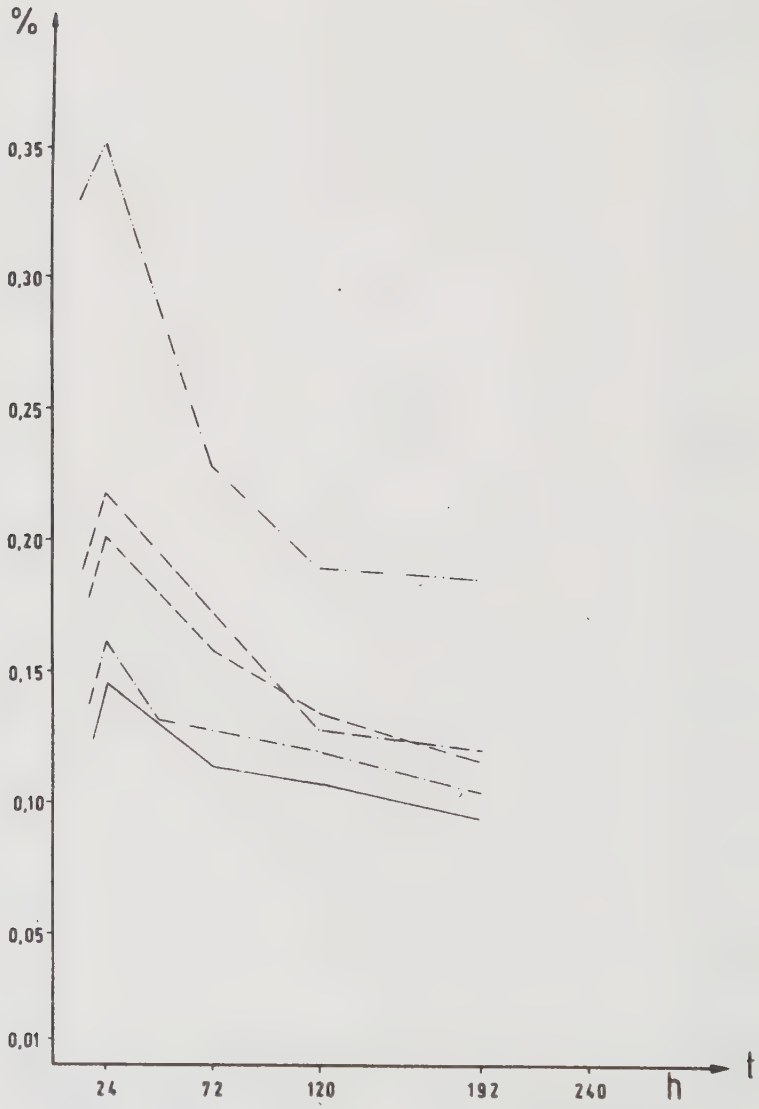


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke c

Mischwassertemperatur +7°C

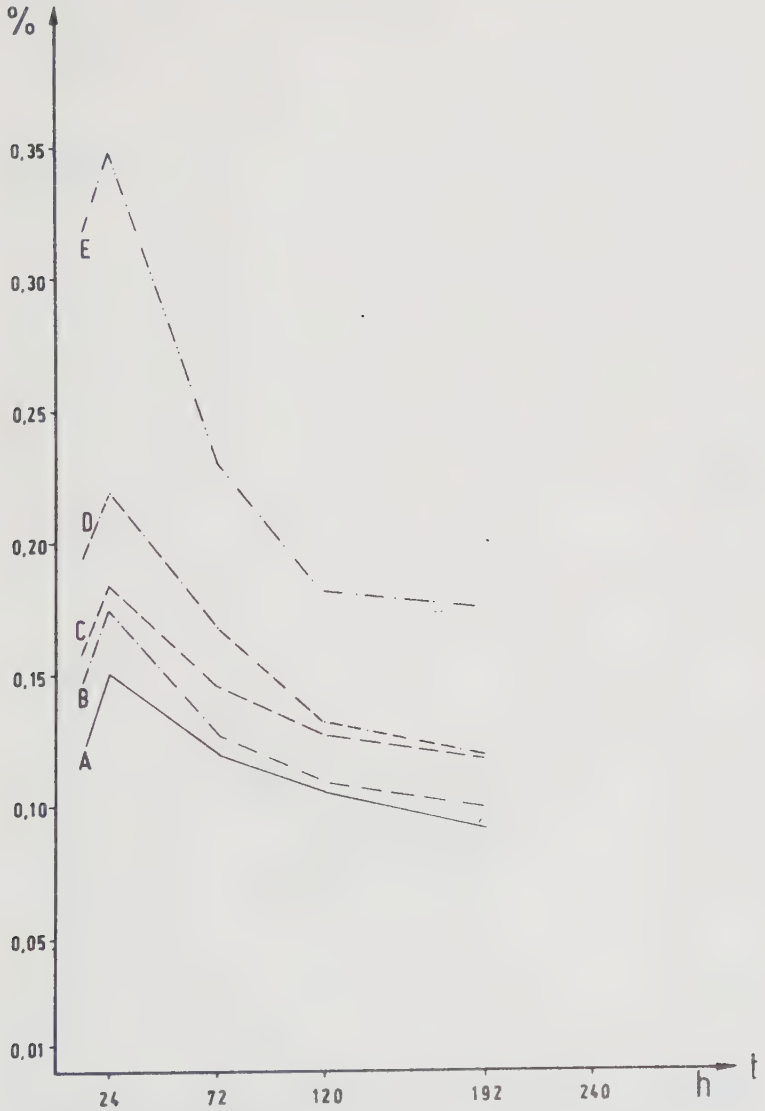


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A – E

Meßstrecke d

Mischwassertemperatur +7°C

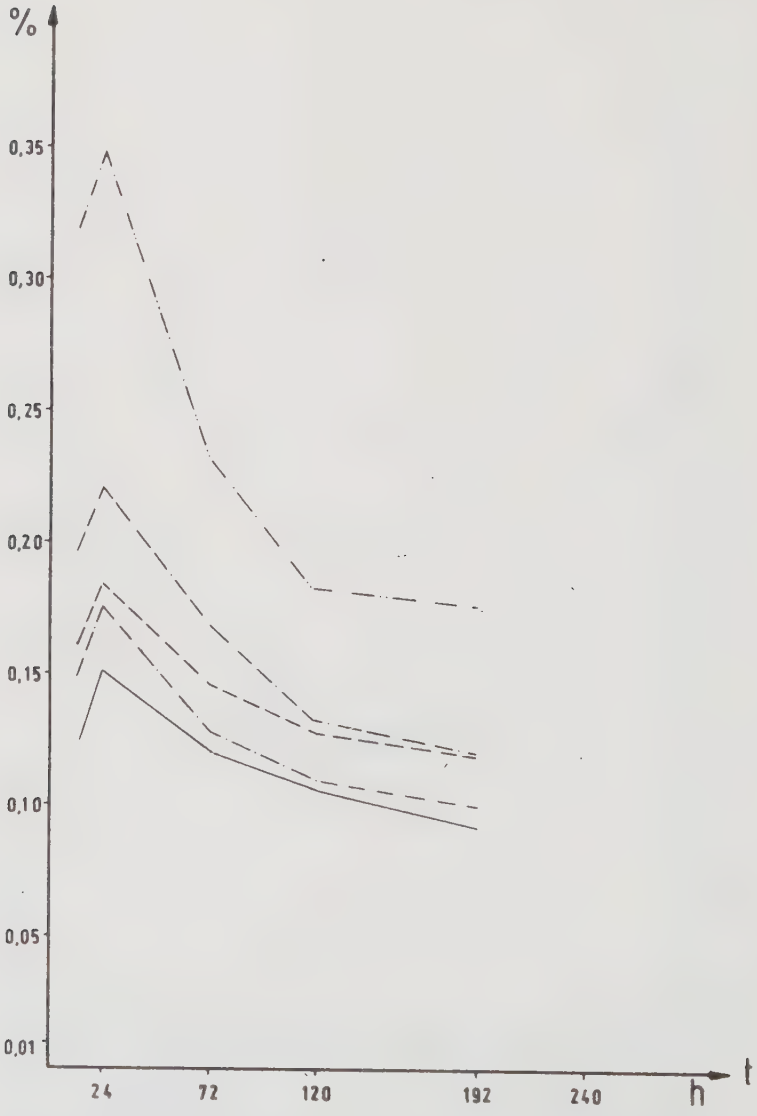


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A – E

Meßstrecke e

Mischwassertemperatur +7°C

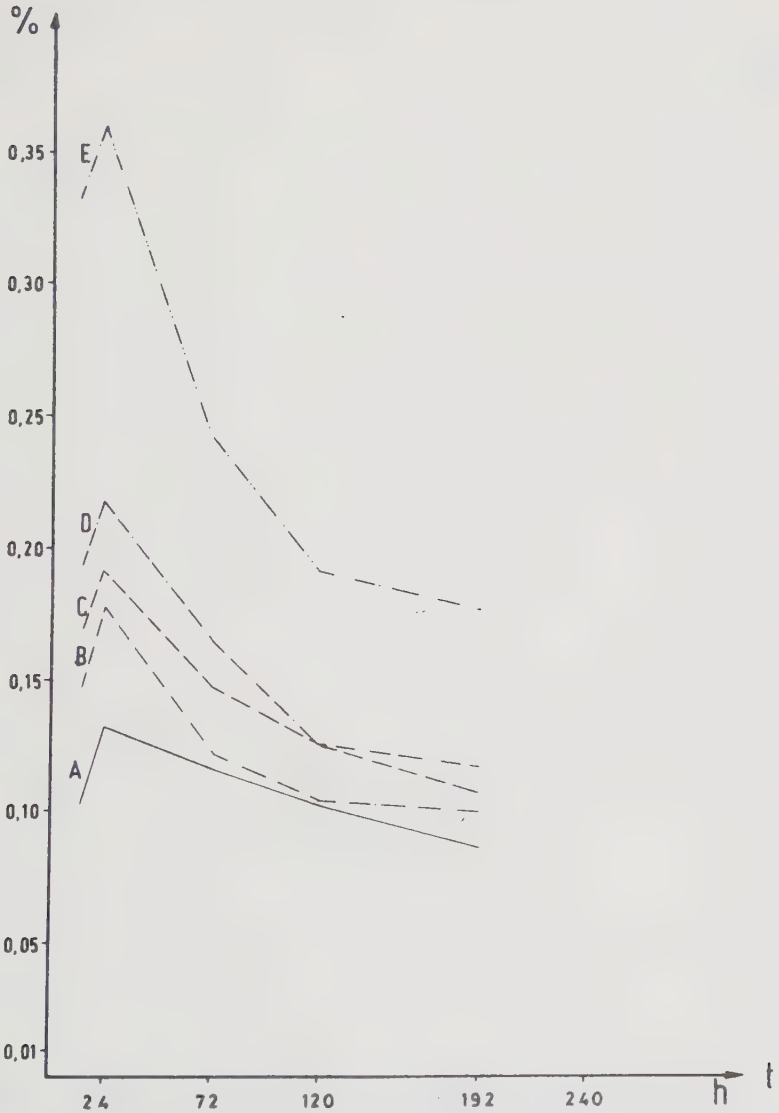


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke f

Mischwassertemperatur +7°C

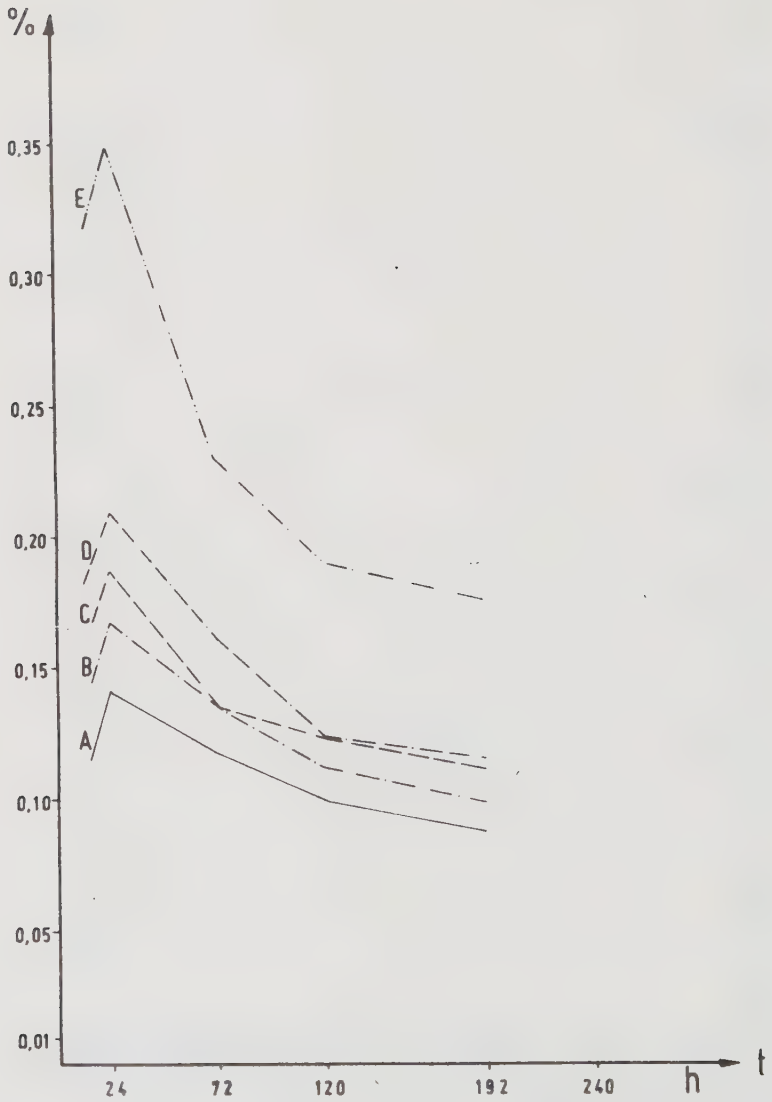


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke g

Mischwassertemperatur +7°C

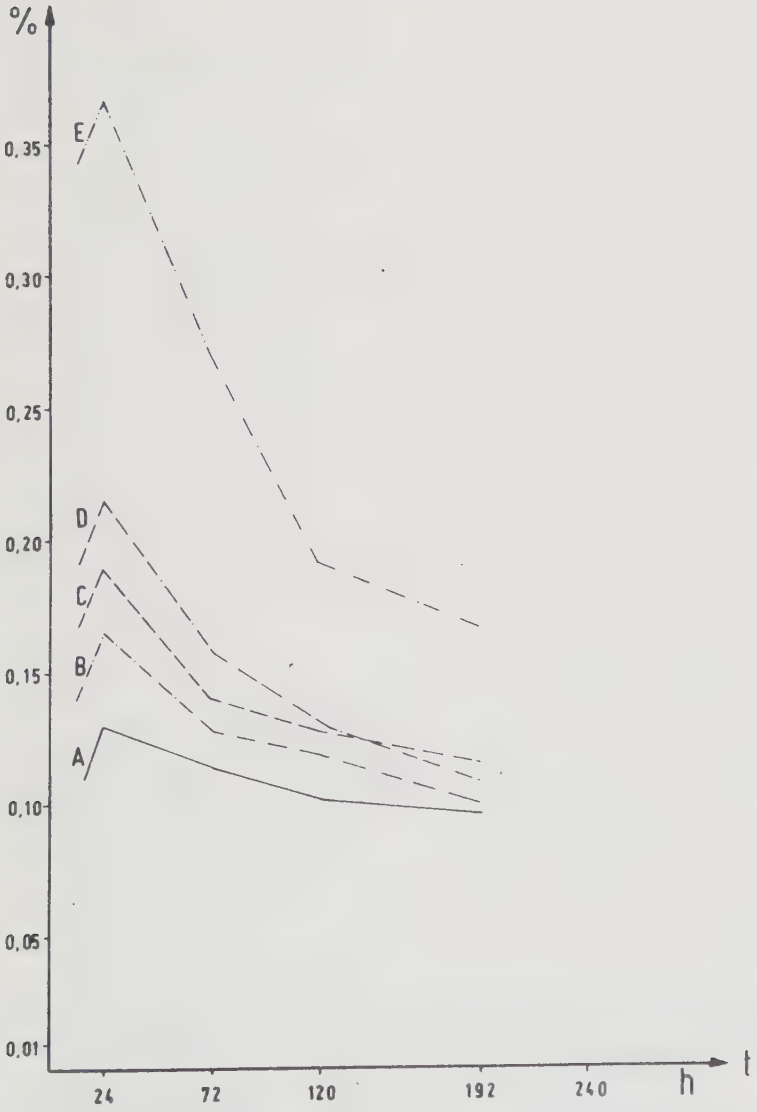


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A – E

Meßstrecke h

Mischwassertemperatur +7°C

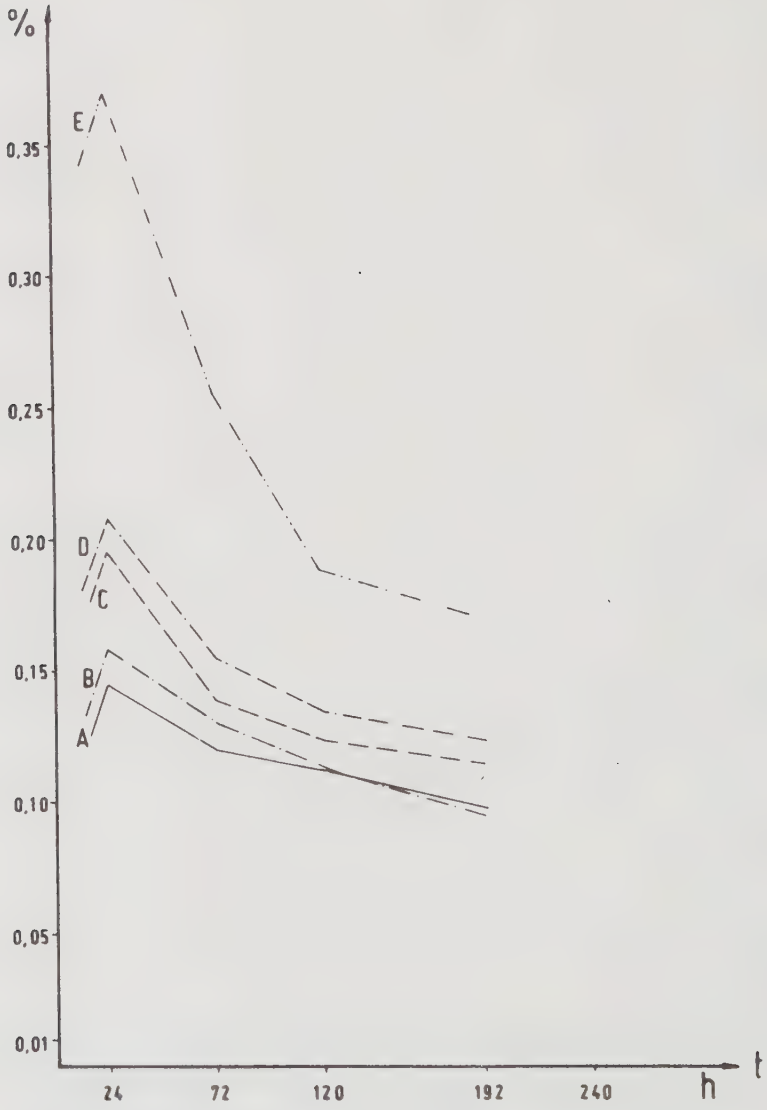


Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke i

Mischwassertemperatur +7°C



Dimensionsänderung
eines maschinell angemischten Alginatabformwerkstoffes

Versuche A - E

Meßstrecke k

Mischwassertemperatur +7°C

9. Auswertung und Interpretation der Versuchsergebnisse

9.1. Handanmischung

Bei der handangerührten Alginatmasse zeigte sich bei jeder Mischwassertemperatur, daß die vermessenen Modelle, die 24, 72, 120 und 192 Std. bei Raumtemperatur gelagert wurden, einer Dimensionsänderung unterlagen. Der nach 30 min. entformte Naturhartgips Vel-Mix-Stone expandierte bei Raumlagerung innerhalb der ersten 24 Std. um durchschnittlich 0,131 0/0 bei Mischwassertemperatur von +21 Grad C. und um 0,137 0/0 bei Mischwassertemperatur von +7 Grad C.
Nach 72 Std. betrug die Expansion noch 0,102 0/0 bei +21 Grad C. H_2O-Temperatur bzw. 0,116 0/0 bei +7 Grad C. H_2O-Temperatur.
Nach 120 Std. war eine Dimensionsänderung von 0,092 0/0 bei +21 Grad C. und 0,105 0/0 bei +7 Grad C. zu verzeichnen. Die nach 192 Std. vermessenen Werte waren identisch mit denen, die nach 120 Std. gemessen wurden.
Laut DIN-Vorschrift 13911 darf die Abbindeexpansion bei Hartgips Typ IV maximal 0,15 0/0 betragen. Geht man davon aus, daß der Gips in korrekter Weise angemischt worden ist und keine Verarbeitungsfehler vorlagen, kann man feststellen, daß die Dimensionen der Abformungen mit denen der Urmodelle identisch

sind.
Unterschiedliche Expansionswerte verschiedener Gipschargen bewegen sich in einem so geringen Rahmen, daß man eventuell auftretende Differenzen unberücksichtigt lassen kann.
Man kann also davon ausgehen, daß die Wiedergabegenauigkeit in diesem Versuch hinlänglich zufriedenstellend ist und allen Anforderungen genüge leistet.

9.2. Maschinelles Mischen

1. Versuchsreihe H_2O-Temperatur + 21°C

Bei Betrachtung der in Tabellen und Kurven festgehaltenen Meßwerte stellt man fest, daß bei Anmischzeiten von 18 und 20 sec. (Versuche A und B) ein ziemlich gleichmäßiger Abfall der Gesamtexpansion zu verzeichnen ist.
Die Ausgangswerte nach 24 Std. bewegen sich hier zwischen 0,14 0/0 und 0,16 0/0.
Die Werte für diese Meßreihen erreichen nach 192 Std. etwa 0,09 0/0 bis 0,11 0/0, wobei der B-Versuch noch am günstigsten erscheint. Das bedeutet auf 48 Stunden gesehen einen durchschnittlichen Abfall der Gesamtexpansion um 0,027 0/0.
Die Gesamtexpansion der Meßreihen C und D liegt im Initialstadium um durchschnittlich 0,04 0/0 bis 0,06 0/0 höher als bei den Meßreihen A und B.

Im Versuch E ist die Gesamtexpansion gemessen an den Meßstrecken A - K so hoch, daß die daraus entstandenen Arbeitsmodelle als unbrauchbar zu bezeichnen sind. Grundsätzlich ist festzuhalten, daß Alginatabformmaterialien nicht für Präzisionsarbeiten verwendet werden. Wie im allgemeinen Teil gesagt, ist die Indikation für Alginatabformungen heutzutage relativ eingeschränkt, aber wegen seiner unproblematischen Anwendung in vielen Teilbereichen der Zahnmedizin unentbehrlich geworden, nicht zuletzt ist auch der Kostenfaktor von Bedeutung.

2. Versuchsreihe H_2O-Temperatur + 7^oC

Mit einer zweiten Versuchsreihe sollte untersucht werden, ob eine niedrigere Temperatur des Mischwassers einen wesentlichen Einfluß auf das Dimensionsverhalten nach maschinellem Anmischen hat. Unter gleichen Bedingungen wie in der ersten Versuchsreihe wurden die vom Alginatmodell hergestellten Abdrücke ausgegossen und vermessen. Das Anmischwasser hatte in dieser Versuchsreihe eine Temperatur von + 7^oC.

Es konnte festgestellt werden, daß die Gesamtexpansion bei Gebrauch eines auf + 7^oC temperierten Mischwassers generell niedriger ist.

Auch die Dimensionsänderung war, prozentual auf die Zeit gesehen, geringer.

Aber auch bei diesem Versuch zeigte sich deutlich, daß eine Anmischzeit von 18 bzw. 20 sec. bessere Ergebnisse erzielte als eine längere Anmischzeit.

Für die nach maschinellem Anmischen erstellten Modelle wurden folgende Mittelwerte für die Gesamtexpansion errechnet:

Dimensionsänderung in O/O

	Versuch	24 Std.	72 Std.	120 Std.	192 Std.
	A	0,152	0,124	0,101	konstant
	B	0,157	0,116	0,101	konstant
+21°C	C	0,182	0,152	0,129	0,115
	D	0,227	0,186	0,141	0,116
	E	0,456	0,355	0,301	0,277
	A	0,144	0,117	0,105	0,092
	B	0,171	0,135	0,116	0,102
+ 7°C	C	0,191	0,146	0,128	0,112
	D	0,214	0,164	0,128	0,117
	E	0,358	0,247	0,193	0,179

Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, daß die Volumenexpansion in einer klaren Abhängigkeit zur Anmischzeit steht.

Während man bei einer Anmischzeit von 18 sec/20 sec. (Versuch A/Versuch B) eine durchaus akzeptable Dimensionsänderung gegenüber der Handanmischung feststellt, erhöht sich die Gesamtexpansion kontinuierlich bei einer längeren maschinellen Mischdauer. Für den Versuch E - Mischzeit 26 sec. - ist deutlich eine Expansion festzustellen, die keinen brauchbaren Wert mehr darstellt. - Allenfalls könnten diese Modelle als Situationsmodelle Verwendung finden. - Ferner ist aus dieser Tabelle zu interpretieren, daß eine Mischwassertemperatur von + 7 Grad C. auch bei längerer Anmischung günstigere Ergebnisse erwarten läßt.

10. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde das Dimensionsverhalten eines maschinell angerührten Alginatabformmaterials untersucht. Es wurde unter möglichst praxisnahen Bedingungen gearbeitet.
Das Dimensionsverhalten eines handangerührten Alginates wurde zum Vergleich herangezogen. Die Ergebnisse wurden in Tabellen und graphischen Darstellungen festgehalten.

In Vorversuchen wurde festgestellt, daß Mischzeiten von 10 - 16 Sekunden nicht in jedem Falle eine homogene Abformmasse erzeugten; es wurden bei mehreren Versuchen vereinzelt Reste von Alginatpulver festgestellt. Erst bei Versuchen ab 18 Sekunden war die angemischte Substanz homogen.
Ebenso war die Anmischung weitgehend blasenfrei und etwas weicher als nach der Handanmischung. Die maschinell angemischten Alginate zeigten allerdings verkürzte Verarbeitungs- und Abbindezeiten. Diese Eigenschaften sowie auch die erhöhte Gesamtexpansion bei längerer Mischdauer lassen sich auf eine starke Erwärmung der Masse während des Mischvorganges zurückführen. Mit Verwendung kälteren (auf +7° C temperierten) Wassers konnten diese Effekte auch teilweise wieder aufgehoben werden. Es ist also von einer gewissen Relevanz, wie hoch bei maschinellem Anmischen die Wassertemperatur ist und wie lange

angemischt wird.

Die Verwendung von unterschiedlich temperiertem Mischwasser führte ebenso zu einer Dimensionsänderung, die allerdings auf den Indikationsbereich von Alginatabformungen und die daraus resultierenden Modellerstellungen keinen wesentlichen Einfluß hat.

Würde man maschinelle Anmischzeiten von 18 - 22 Sekunden zugrundelegen, könnte man bei den erzielten Ergebnissen durchaus mit der Gesamtexpansion bzw. Dimensionsänderung zufrieden sein.

Homogenität und Konsistenz des bei einer bestimmten Zeit maschinell angemischten Alginates zeigten gegenüber der Handanmischung kaum wahrnehmbare und für die Praxis irrelevante Unterschiede.

Wenn man unterstellt, daß Arbeitsmodelle, die aus Alginatabdrücken erstellt werden, frühestens nach 24 - 36 Stunden vom Zahntechniker weiter verwendet werden, so ist eine Anmischzeit für das Alginatabdruckmaterial von 18 - 22 Sekunden bei Wassertemperaturen von $+7^{\circ}C$ bis $+21^{\circ}C$ empfehlenswert, da die für diese Versuchsreihen gewonnenen Werte eine durchaus zulässige Dimensionsveränderung darstellen.

Insgesamt läßt sich konstatieren, daß die Alginate in der täglichen Praxis - trotz der in einigen wichtigen Punkten offensichtlichen Überlegenheit der Abformmassen auf Elastomerbasis - auch heute noch in ihrem Indikationsbereich voll ihre Aufgabe erfüllen können. Voraussetzung ist jedoch die Beachtung einiger Regeln und Kenntnisse der speziellen Eigenschaften dieser Materialien vor, während und nach der Abbindung. Ebenso sollten die für maschinelles Anmischen gewonnenen Erkenntnisse auch in der Praxis Beachtung finden.

11. Literaturverzeichnis

1. Smith, D. C.
   Wilson, H. J. — Study of seven alginate impression materials
   Dental Abstracts No. 11, Vol. 10, November 1965 p. 688
2. Wilson, H. J. — Some properties of alginate Impression Materials Relevant to Clinical Practice
   British Dental Journal No. 10, Vol. 121, November 15, 1966 p. 463
3. Bliss, H. D.
   Saggs, V. R. — Alginate impression materials
   Dental Abstracts No. 11, Vol. 13 April 1968 p. 232
4. — Water temperature and accuracy of alginate impressions
   Dental Abstracts No. 11 Vol. 14, November 1969 p. 671
5. Meyer, E. — Welche Alginate können dem Zahnarzt nach der FDI-Spezifikation No. 9 empfohlen werden?
   DZZ No. 2, 25. Jahrgang, Februar 1970 p. 291
6. Schwickerath, H. — Das Fließverhalten von Alginat-Abformmaterialien
   DZZ No. 5, 25. Jahrgang, Mai 1970 p. 553-557
7. Meyer, E. — Kritischer Bericht über die Prüfung von Alginat-Abformmaterialien nach der FDI-Spezifikation No. 9
   DZZ No. 6, 25. Jahrgang, Juni 1970 p. 637-641
8. Schwickerath, H. — Über die Abbindezeit von Alginat-Abformmaterialien
   ZWR No. 12, 79. Jahrgang, 25. Juni 1970 p. 512-516
9. Chong, M. P.
   Chong, J. A.
   Docking, A. R. — The tear tast as a means of evaluating the resistance to rupture of alginate impression materials

Austrialian Dental Journal No. 3
Vol. 16, June 1971 p. 145-151

10. Walter, J. D. An Assessment of alginate materials The Dental Practitioner
July 1971

11. Franz, G. Das Prüfen der Konsistenz von Alginat-Abformmassen
DZZ No. 10, 26. Jahrgang,
Oktober 1971 p. 945-955

12. Schwickerath, H. Zur Prüfung der Form- und Wiedergabegenauigkeit von Abformmaterial DZZ No. 6, 27. Jahrgang,
Juni 1972 p. 478-484

13. Schwander, U.
Klötzer, W. T. Werkstoffkundliche Prüfung von Alginat-Abformmaterialien
DZZ No. 9, 1976 p. 688-693

14. Kandelmann, D.
Meyer, J. M.
Lamontagne Etude comparative de 3 hydrocolloides irreversibles
Monatsschrift für Zahnheilkunde
Vol. 88 No. 2, Februar 1978 p. 134-152

15. Miller, W. M. Syneresis in Alginate Impression Materials
British Dental Journal No. 139
p. 425, December 1975

16. Castagnola, L.
Wirz, J. Bleigehalt von Alginaten
Monatsschrift für Zahnheilkunde
87, No. 3, 1977 p. 220

17. Giegling, R. Die Wiedergabegenauigkeit von Abformungen mit Delicron in der Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Modellherstellung
Dissertation 1978

19. Lehmann, K. Abformmaterialien und -methoden in Fortschritt der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde
Band 1 Voss R., Meiners H.

20. Rehberg, H. J. — Das Alginatabformmaterial - Verarbeitung und klinische Ersatzmöglichkeiten ZM Heft 8, 1980
21. Franz, G. — Das Dimensionsverhalten zahnärztlicher Hartgipse Hanser Verlag 1978
22. Bonsack, Th. Ch. — Die Alginate Biel (Schweiz)
23. Recommandation ISO R 1563 — Produits Pour Empreintes A Base D'Alginate
24. Castagnola, L. Wirz, J. — Werkstoffkundliche Untersuchungen von zahnärztlichen Hart- und Spezialgipsen Schweizerische Monatsschrift Zahnheilkunde
25. Kerr Europe — Verarbeitungsvorschrift für Kerr Vel-Mix-Stone Superhartgips
26. Eichner, K. — Zahnärztliche Werkstoffe
27. Meiners, H. — Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien Hanser Verlag München 1977
28. Hoffmann-Axthelm — Lexikon der Zahnmedizin
29. Hoffmann-Axthelm — Geschichte der Zahnheilkunde
30. Wirz, J. — Bericht über Werkstoffuntersuchungen im Zusammenhang mit der Anwendung von Abformmaterialien, Tagung der AG Dental Technologie in Stuttgart Juni 1979
31. Welker, D. — Alginatabformmaterial in: Breustadt, A und E Lenz Stomatologische Werkstoffkunde J. A. Barth Leipzig 1978
32. Ferger, P. — Situationsabformungen mit Alginaten Zahnärztliche Welt 87, 673 (1978)

33. Boitel, R. H. Präparation und Abdruck in der Kronen- und Brückenprothetik Schweizerische Monatsschrift Zahnheilkunde 88, 980 (1978)

34. Marxkors, R. Abformmaterialien, Abformtechniken, Abformverfahren Zahnärztliche Welt 87, 425 (1978)

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Johann Wolfgang Goethe - Universität in Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

"Versuche zum Dimensionsverhalten eines maschinell angemischten Alginatabformmaterials"

im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde unter Leitung von Herrn Prof. Dr. W. Hohmann ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen medizinischen Fakultät bzw. Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Vorliegende Arbeit wurde in keinem Publikationsorgan veröffentlicht.

Frankfurt am Main, den 13.10.1982

Heinz Rülke

Lebenslauf

Am 31.3.1949 wurde ich als Sohn der Eheleute Heinz und Helga Rüller, geb.Westerhold in Rheinberg geboren.

Von 1955 bis 1959 besuchte ich die kath. Volksschule und anschließend das Amplonius-Gymnasium in Rheinberg. 1970 legte ich dort die Reifeprüfung ab.

Zum Wintersemester 1970/71 begann ich an der Universität Würzburg das Studium der Psychologie, was ich im Sommersemester 1976 mit der Diplomarbeit beendete.

Zum Sommersemester 1977 nahm ich das Studium der Zahnheilkunde an der Freien Universität Berlin auf; im Wintersemester 1977 wechselte ich zur Philipps-Universität Marburg und führte nach bestandener zahnärztlicher Vorprüfung das Studium im Sommersemester 1979 an der J.W.Goethe-Universität fort.
Die zahnärztliche Prüfung bestand ich am 16.2.1982.

Heinz Rüller